

Tero Kallioniemi

Automaatioalan opetusympäristön kehittäminen

Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma  
ylempi AMK  
2015

## AUTOMAATIOALAN OPETUSYMPÄRISTÖN KEHITTÄMINEN

Kallioniemi, Tero  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Hyvinvointiteknologia, ylempi AMK  
Lokakuu 2015  
Ohjaaja: Trast, Ismo  
Sivumäärä: 45  
Liitteitä: 4

Asiasanat: Työturvallisuus, oppimisympäristö, automaatio

---

Projektin nimi on ”Automaatioalan opetusympäristön kehittäminen” työturvallisuuden näkökohdista.

Projektin tarkoituksena oli kehittää Sataedun Ulvilan toimipisteen automaatiolosua nykyaikaisemmaksi ja työturvallisuusstandardit täyttäväksi. Sataedun Ulvilan toimipisteessä on voimakas halu rakentavaa toimiva ja nykyaikainen automaatio-oppimisympäristö. Oppimisympäristön suunnittelussa huomioitiin opetussuunnitelman vaatimukset.

Vanhassa oppimisympäristössä oli vanhentunutta teknologiaa, eikä se täyttänyt nykyajan vaatimuksia työturvallisuuden suhteen. Projektin alkuvaiheessa tehtiin uusi robottihankinta automaatiolosuun, jolla korvattiin hankalasti ohjelmoitava entinen robotti.

Seuraavassa vaiheessa projektissa selvitettiin eri vaihtoehtoja työturvallisuuden saattamiseksi standardien vaatimalle tasolle. Projektissa tehtiin riskianalyysi automaatiolosulle, jota käsiteltiin projektissa yhtenä koneena. Seuraavaksi projektissa pyydettiin tarjouksia tarvittavista turvalaitteista ja hankittiin ne.

Projektin lopuksi laadittiin yksinkertainen käyttöohje rakennetun oppimisympäristön eli robottisolun käytöstä. Oppimisympäristö otetaan käyttöön heti turvallisuuslaitteiden kytkentöjen jälkeen. Kytkenät on tarkoitus suorittaa viimeistään loka- marras-kuun 2015 aikana.

# THE DEVELOPEMENT OF THE TEACHING ENVIROMENT IN AUTOMATION INDUSTRY

Kallioniemi, Tero

Satakunta University of Applied Sciences Degree Programme in Welfare Technology

October 2015

Supervisor: Trast, Ismo

Number of pages: 45

Appendices: 4

Keywords: safety, learning environment, automation

---

The aim of this project was to develop Sataedu's Ulvila office automation cell to be more modern and so that it will fulfill the safety standards. Sataedu Ulvila's office has a strong will to build a working and modern automation teaching environment. The requirements of the curriculum were taken into account in planning the proper learning environment.

Old technology was used in the old learning environment and it didn't fulfill the modern day requirements in safety standards. A new robot acquisition was made in the beginning of the project to replace the old one.

The next part of the project was to sort out different options on how to update the working safety to the level that the modern safety standards require. A risk analysis for the automation cell was made and it was used as one machine in the project. Next step was to ask for quotations for the safety devices and to acquire them.

The last part of the project was to make a simple manual on how to use the learning environment or the robotcell. The learning environment will be taken to use straight after the plugging of the safety devices. The plugging is planned to do at the latest in November 2015.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Työn taustaa .....	5
2	SATAEDU .....	7
3	METODOLOGINEN SUUNNITELMA .....	9
3.1	Projektin vaiheet: .....	9
3.2	Resurssit .....	10
3.3	Laitehankinnat .....	11
3.4	Oppimisympäristö .....	11
4	MOTOMAN MH6-10 TEOLLISUUSROBOTTI JA VALITUT TURVALAITTEET OPPIMISYMPÄRISTÖÖN .....	12
4.1	Koneelle asetetut vaatimukset oppimisympäristössä .....	12
4.2	Motoman HM6-10 teollisuusrobotin tekniset tiedot .....	14
4.2.1	Motoman robotin ohjain DX100 .....	16
4.3	Valittu turva-aita ja Mechan Magnasafe MS7 turvakytin .....	19
4.4	Grein turvamatot .....	21
4.5	Valitut merkkivalot ja varoituskyltit .....	23
5	TURVA-ALUESUUNNITTELU .....	24
6	RISKIT JA NIIDEN ARVIOINTI .....	25
6.1	Mikä on riski? .....	26
6.2	Riskien arviointi .....	27
6.3	Oppimisympäristön turvallisuus .....	29
6.3.1	Oppimisympäristön riskienarviointi .....	32
6.4	Robottitapaturmat .....	33
6.4.1	Tapahtuneita robottitapaturmia .....	34
7	TURVALLISUUSMEKANIikka .....	36
7.1	Turva-aidat .....	37
7.2	Valokytin .....	38
7.3	Valoverho .....	39
7.4	Tuntomatot .....	40
7.5	Turvalaserskanneri .....	41
7.6	Merkkivalot ja varoituskyltit .....	42
8	LOPUKSI .....	43
LIITTEET		

## 1 JOHDANTO

Projektin nimi on ”Automaatioalan opetusympäristön kehittäminen”. Työn tarkoituksena on laatia Sataedun Ulvilan toimipisteeseen toimiva turvallisuusstandardit täyttävä automaatioalan opetusympäristö. Projektissa on kokonaisuutena tarkoitus kehittää automaatioalan opetusympäristö, jossa on kaksi robottia, kuljettimia ja konenäkökamera. Tässä projektin osioissa keskitytään ympäristön turvallisuuteen. Työssä kehitetään kahden robotin ja konenäön yhdistelmä opetuskäyttöön. Projektin alkuvaiheessa oli epäselvää, kehitetäänkö pelkästään vanhaa opetusympäristöä. Alkuvaiheessa saatiin rahoitus uuteen kappaleenkäsittelyrobottiin. Projektin seuraavassa vaiheessa selvitettiin turvallisuusvaatimukset tämän tyyppisissä automaatioalan opetusympäristöissä ja niiden edellyttämien laitteiden hankinnalla. Ympäristön työturvallisuusnäkökohdat määrittyvät säädösten ja lakien perusteella. Työssä selvitetään myös käyttäjien asettamat erityisvaatimukset, ympäristöä tulevat käyttämään myös erityisoppilaat.

Sataedun puolelta työtä ohjasi lehtori Ari Kuuskeri ja koulutuspäällikkö Antti Kartastenpää.

Tavoitteena oli luoda toisen asteen opiskelijoille (automaatio ja kunnossapito tekniikka) turvallinen oppimisympäristö.

### 1.1 Työn taustaa

Sataedussa on olemassa automaatio-oppimisympäristö kahdella robotilla ja konenäkökameralla varustettuna. Ympäristö on kuitenkin nykyaikaisen teollisuuden vaatimuksiin auttamatta vanhentunut, eikä ole siten pedagogisesti valmis vastaamaan nykypäivän haasteisiin. Ympäristö ei myöskään täytä koneturvallisuuteen liittyviä standardeja. Tavoitteena on laatia ympäristö opetusmateriaaleineen, opetus materiaalien laadinta ei kuulu tämän projektin piiriin, sitä jatketaan myöhemmin. Ympäristön ta-

voitteena on olla sellainen, että sitä voidaan käyttää myös erityisryhmien koulutuksessa.



Kuva 1.1 Alkutilanne oppimisympäristössä

Oppilaitoksen opetussuunnitelmassa automaatio- ja kunnossapitoasentaja, robotiikan opetuksesta määrätään seuraavaa:

Koneautomaation asennus 10 ov. ”*Ammattitaitovaatimukset.*  
*Tutkinnon osan suorittaja tuntee robotin toiminnan ja sähköpneumaattisen järjestelmän rakenneosat sekä niiden toimintaperiaatteet niin, että hän pystyy asennuspiirustusten ja kytkentäkaavioiden mukaan rakentamaan annettujen toimintadokumenttien mukaisen pienimuotoisen ohjausjärjestelmän. Hän osaa ohjelmoida robotin ja järjestelmän toimimaan haluttujen toiminta-arvojen mukaisesti, tehdä siihen pieniä muutoksia ja laatia pienimuotoisia ohjausohjelmia.*” (Sataedun opetussuunnitelma automaatio- ja kunnossapitotekniikka 2011).

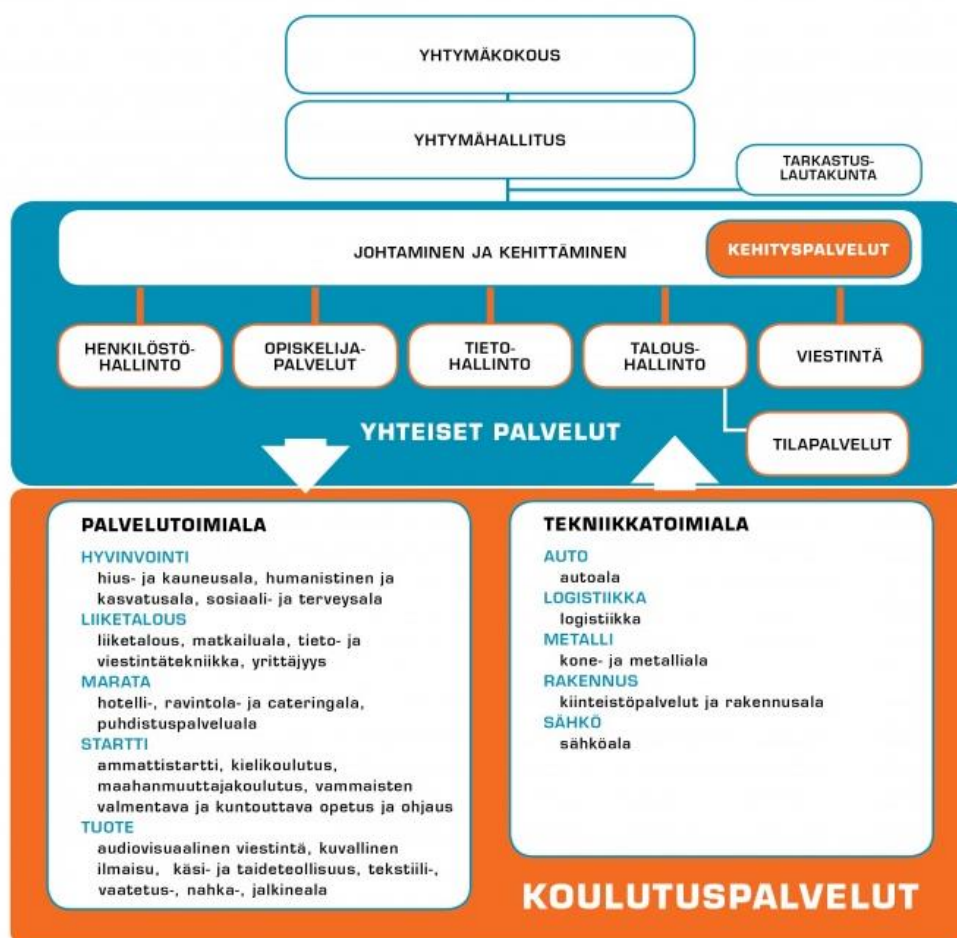
Oppilaitoksessamme opiskelee vuosittain kone- ja metalliteknikan linjalla useita erityisoppilaita. Erityisopiskelija on oppilas, joka tarvitsee erityistä tukea mahdollisesti useimpiin opiskeluihin liittyviin haasteisiin. Heillä voilla olla esim. kielellisiä tai ma-

temaattisia ongelmia, sekä hyvin usein arjen hallintaan ja säännöllisen opiskelun suorittamiseen liittyviä ongelmia.

Erityisopetuksen määritelmä lain mukaan: *”Vammaisuuden, sairauden, kehityksessä viivästyksen, tunne-elämän häiriön tai muun syyn vuoksi erityisiä opetus- tai opiskelijahuollon palveluja tarvitsevien opiskelijoiden opetus annetaan erityisopetuksena. Opiskelijalle tulee laatia henkilökohtainen opetuksen järjestämistä koskeva suunnitelma.”* (Laki ammatillisesta peruskoulutuksesta. 21.8.1998/630, 20 §)

## 2 SATAEDU

Satakunnan koulutuskuntayhtymä (SATAEDU) järjestää toisen asteen ammatillista perustutkinto-, lisä- ja täydennyskoulutusta nuoriso- ja aikuisopetuksena. SATAEDU kouluttaa nuoria yli 20 ammattiin ja vahvistaa aikuisten ammatillista osaamista sekä tarjoaa räätälöityjä koulutuksia yrittäjille ja yrityksille. SATAEDUSSA opiskelee noin 3 000 opiskelijaa, joiden koulutuksesta, palveluista ja maakunnallisista kehittämistehtävistä vastaa lähes 400 osaavaa opettajaa, kouluttajaa ja muuta alansa ammattilaista. SATAEDUn toimipisteet sijaitsevat Harjavallassa, Huittisissa, Kankaanpäässä, Kokemäellä, Nakkilassa ja Ulvilassa, joiden lisäksi on toimipisteet Raumalla, Tampereella ja Turussa. Koulutusta annetaan lisäksi yhteistyössä Puolustusvoimien kanssa, kouluttamalla varusmiehiä raskaan kuljetuskaluston kuljettajiksi Porin Prikaatissa Säkylässä ja Tykistöprikaatissa Kankaanpäässä. (SATAEDUn www-sivut 2015.)



Kuvio 2.1 Sataedun organisaatio (Sataedun www-sivut 2015)

Kuntayhtymän ylintä päätäntävaltaa käyttää yhtymäkokous, johon jokainen jäsenkunta valitsee yhden jäsenen ja hänelle varajäsenen. Jäsenen äänivalta perustuu edustamansa kunnan laskennalliseen opiskelijapaikkaosuuteen ja vaaleja edeltäneen vuoden viimeisen päivän asukaslukuun. Yhtymäkokous pidetään vähintään kaksi kertaa kalenterivuoden aikana. Yhtymähallitukseen kuuluu yksitoista (11) jäsentä, joilla jokaisella on valittu henkilökohtainen varajäsen. Kunnallisvaalikauden toimiva yhtymähallitus johtaa kuntayhtymän hallintoa, koulutuspalvelujen järjestämistä ja taloudenhoitoa. Yhtymähallitus valvoo kuntayhtymän etua, edustaa kuntayhtymää ja tekee sen puolesta sopimukset, ellei sopimuksen tekemistä ole hallintosäännössä siirretty muulle toimielimelle tai viranhaltijalle. (SATAEDUn www-sivut 2015.)



### 3 METODOLOGINEN SUUNNITELMA

Projektin metodologisessa suunnitelmassa kuvailen perusteita ja menetelmiä koskien ko. projektia. Projektin lähtökohta on saada aikaiseksi toimiva turvallinen opetusympäristö erityisryhmät huomioon ottaen.

#### 3.1 Projektin vaiheet:

##### 1) suunnittelu- ja esiselvitykset

Projektin esiselvitykset ovat Sataedun opettajien halu kehittää oppimisympäristöä. Selkein tarve on hankkia uusi robotti ja laatia opetusympäristö vastaamaan teollisuuden vaatimuksia ja turvallisuusstandardeja. Näistä esitiedoista lähdettiin selvittämään uuden robotin hankintaa.

##### 2) laitehankinnat

Projekti lähti liikkeelle uuden robotin hankinnasta, joka kilpailutettiin muutaman toimittajan kesken liitteenä (liite 1) olevan tarjouspyynnön mukaisesti. Rahoituksen vuoksi koneen hankinta tuli saada alulle vuoden 2014 aikana eli aikataulu oli tiukka ja karsi toimittajat käytännössä yhteen. Seuraavat hankinnat koskivat ympäristön turvallisuutta, turvalaitteista pyydettiin tarjoukset kuudelta eri toimittajalta. Kolme toimittajaa pystyi toimittamaan sekä automaattiosolun ympärille hankitun turva-aidan ja aidan sisäpuolelle hankitut turvamatot. Teknisiltä ominaisuuksiltaan tarjotut komponentit vastasivat toisiaan, joten hinta muodostui ratkaisevaksi tekijäksi. Yksi toimittaja erottui hinnan puolesta selvästi muita edullisemmaksi. Turvalaitteet hankittiin QEM-finland Oy:ltä.

##### 3) opetusympäristön kehittäminen ja käyttöönotto

Opetusympäristö on tavoitteena käyttöönottaa syksyllä 2015. Aikataulu riippuu turvalaitteiden - ja antureiden asennusten aikatauluista. Turvalaitteiden mekaani-

nen asennus tehtiin oppilaitoksen oppilaiden toimesta. Sähköasennuksessa käytetään asiantuntevaa ammattilaista. Tämän jälkeen alkaa koulutusmateriaalien ja harjoitustöiden laadinta, tämä ei kuitenkaan kuulu tämän projektin piiriin.

#### 4) Raportointi

Tässä projektissa tapahtuvien toimenpiteiden raportointi tulee rajoittumaan uuden robotin hankintaan, turvalaitteiden hankintaan ja ympäristön fyysisen kokonaisuuden aikaan saamiseen.

### 3.2 Resurssit

Työhön varatuista taloudellista resursseista suurin osa kuluu uuden robotin hankintaan. Työturvallisuuteen liittyviin materiaalihankintoihin on varattu esimieheni mukaan riittävästi rahoitusta, tiedossa oleva asia on kuitenkin oppilaitosten varsin rajalliset budjetit, joten varmasti turvalaitteiden hankinnassa joudutaan tekemään kompromisseja vaatimuksia kuitenkin laiminlyömättä. Rajallinen rahoitus tuo mukanaan sen, ettei kaikkia tekniikan sallimia hienouksia oletettavasti ole hankittavissa esimerkiksi, koko alueen kattavien konenäkö kameroiden tai turvamattoja koko alueelle. Tarkempi riskianalyysi alueelle antaa viitteitä tarvittavista turvalaitteista. Tämän hetkinen suunnitelma alueen turvallisuuden takaamiseksi on rajata alue kiinteällä turva-aidalla ja turvamatoilla, jotka estävät vaara-alueella oleskelun automaattisen toiminnan aikana.

Henkilöresurssit ovat pääosin projektityöntekijän työpanos. Kevään aikana käytettävänä on 16 kokonaista työpäivää, jonka lisäksi mahdollisuus käyttää projektin työstämiseen osittaisia työpäiviä tarpeen / mahdollisuuksien mukaan. Kone- ja metalliosaston muun opetushenkilöstön työpanosta on mahdollista käyttää tarvittaessa.

Projektiin liittyvän it –tekniologian tekeminen on annettu sähköosaston opettajan vastuulle. Hän tutkii ympäristön etäohjelmointi mahdollisuuksia ja sen tuomia vaatimuksia.

### 3.3 Laitehankinnat

Projektin alkuvaiheessa ei ollut varmaa tietoa mahdollisen uuden robotin rahoituksesta. Toinen vaihtoehto oli vanhan robotin käyttö ja ympäristön layoutin kehittäminen. Suurin ongelma oli toisen vanhan robotin käytettävyys. Robotin ohjelmointi oli käytännössä liian ongelmallista suurimmalle osalle oppilaista, joka johti siihen, ettei ympäristöä käytännössä käytetty ollenkaan.

Joulukuun toisella viikolla tuli tieto, että rahoitusta löytyisi mahdollisesti noin 30 000 euroa. Ehtona oli kuitenkin robotin toimitus ja laskutus vuoden 2014 puolella. Tämä käynnisti allekirjoittaneen kohdalla nopean selvitystyön muutamalta tunnetulta suurlta valmistajalta. Alussa tekniset määrittelyt olivat käsivarren ulottuma noin 1500 mm ja kappaleenkäsittelykyky noin 10 kilogrammaa. Nopeiden puhelintiedustelujen jälkeen lähetettiin näille toimittajille yksilöidympi tarjouspyyntö. (Liite 1)

Käytännössä ainoa toimittaja, joka pystyi toimittamaan uuden tarjouspyynnön mukaisen robotin vaaditussa toimitusajassa, oli Yaskawa Finland Oy. Robotin valintaan toimitusajan lisäksi vaikuttivat mm. robotin kotimainen toimiva huolto, hinta, tekniset ominaisuudet ja tunnettu tuotemerkki. Robotti tunnetaan Suomessa paremmin nimellä Motoman, joka teollisuudessa erittäin suosittu robottihitsaussovelluksissa (tieto perustuu käytännön havainnointiin). Robotiksi valittiin MOTOMAN MH6-10 TEOLLISUUSROBOTTI. (Liite 2)

### 3.4 Oppimisympäristö

Automaatio-oppimisympäristön rakentaminen työturvalliseksi, kaikki lait ja standardit täyttäväksi on projektin haastavin osuus. Toisen asteen oppilaistamme keskimäärin 20–30 prosenttia on erityistä tukea tarvitsevia, mikä asettaa oppiympäristön turvallisuudelle normaalia suurempia haasteita. Laki ammatillisen koulutuksen oppimisympäristöstä ei erittele erityisiä vaatimuksia, mutta siinä määrätään opiskelijan oikeus turvalliseen oppimisympäristöön (Laki opiskelijan oikeudesta turvalliseen opiskeluympäristöön ammatillisesta koulutuksesta annetun lain mukaan, 21.8.1998/630, 28 §).

Oppimisympäristö pitää sisällään robotin lisäksi kuljettimia ja toiseen robottiin sijoitettavan konenäkökameran. Konenäkökamera on hankittu käytöstä poistettuun robottiin kaksi vuotta sitten ja se on tarkoitus sijoittaa projektissa hankittuun uuteen robottiin. Kameraa käytetään ympäristössä olevien kuljettimien valvontaan kappaleenkäsittelyssä.

Tässä vaiheessa projektia ei ole tarkkoja suunnitelmia siitä, millaisia harjoitustöitä ympäristössä suoritetaan. Tulevaisuudessa on tarkoitus käyttää kolmea kuljetinta, useita antureita, konenäköä ja kahta robottia solussa tehtävissä harjoituksissa. Tämän projektin ensivaiheessa laaditaan riskianalyysit koko solusta ja selvitetään laitteiden määräykset työturvallisuuden kannalta. Solusta on tarkoitus rakentaa turvallisuusstandardit täyttävä, oppimisympäristö. Solussa olevia muita laitteita ei ole siirretty vuoden 1994 koneturvallisuusstandardin voimaantulon jälkeen. Täten ne eivät erikseen tarvitse CE-merkintää, laitteita käsitellään yhtenä koneena standardin mukaan. Uusi robotti on lisälaite koneeseen.

#### 4 MOTOMAN MH6-10 TEOLLISUUSROBOTTI JA VALITUT TURVALAITTEET OPPIMISYMPÄRISTÖÖN

Valitut turvatuotteet hankittiin kaikki yhdeltä toimijalta OEM-automaationilta. Tuotteista pyydettiin tarjouksia viideltä eri toimijalta. Valittu toimittaja oli edullisin tarjoaja ja pystyi toimittamaan kaikki tarvittavat turvatuotteet. Lisäksi tekninen tuki tuotteiden toiminnassa oli erinomaista.

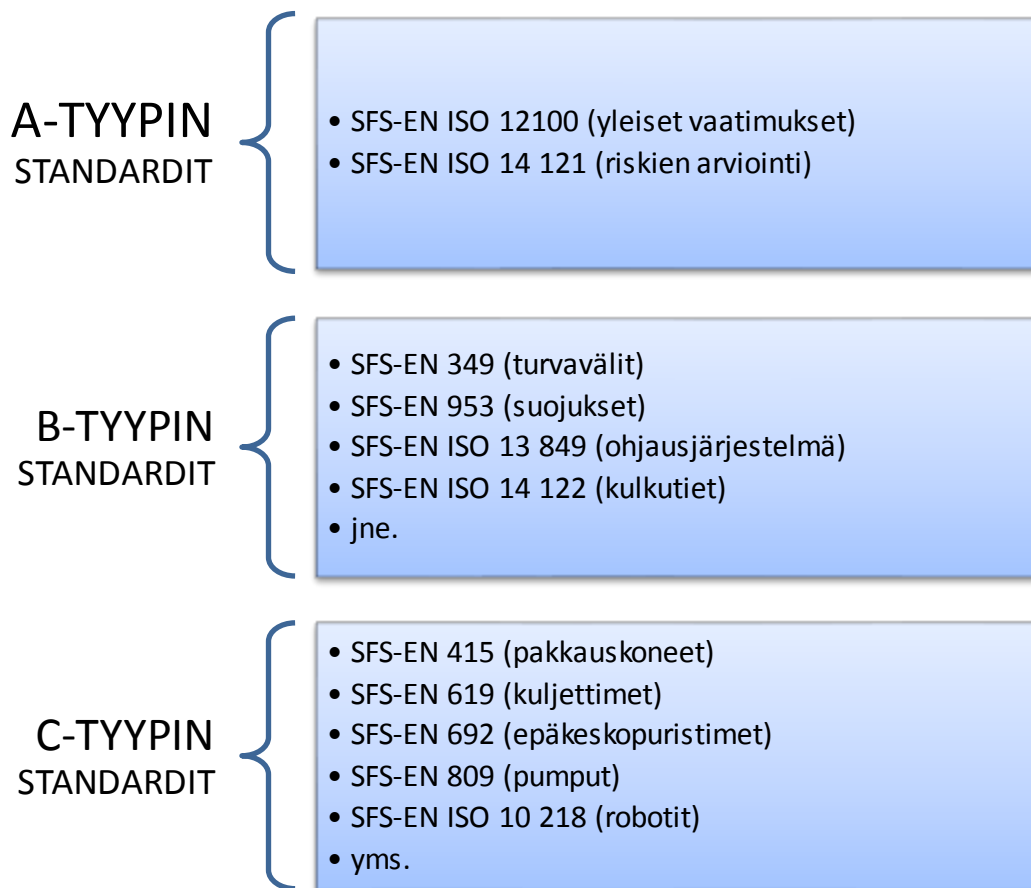
##### 4.1 Koneelle asetetut vaatimukset oppimisympäristössä

Konedirektiivi 2006/42/EY asettaa EU:n alueella toimiville koneille omat säännöksensä. Hankittu robotti täyttää nämä eli siitä löytyy direktiivin vaatima CE merkki. Oppimisympäristössä oleva toinen ”vanha robotti” ei ole varustettu CE merkinnällä, kone on kuitenkin hankittu ennen vuotta 1994, eikä sitä ole siirretty paikoiltaan. Si-

ten tämän koneen kohdalta on tutkittava, onko se säännösten mukainen ja mahdollista säilyttää opetusympäristössä.

CE-merkinnällä koneen valmistaja osoittaa koneen olevan konedirektiivin (2006/42/EY) mukainen (Siirilä 2008, 28). CE-merkintä ei kuitenkaan takaa varsinaisesti koneen turvallisuutta, vaan käytännössä turvallisuusvaatimusten noudattamisen valvonta jää koneen käyttäjän vastuulle ”Caveat emptor” – ostaja pitääköön varansa. (Siirilä 2008, 38.)

Koneturvallisuuden eurooppalaiset standardit käsittävät kokonaisuudessaan noin 700 erilaista standardia. Eurooppalaiset ja nykyään myös kansainväliset koneturvallisuuden standardit luokitellaan kolmiportaisesti A-, B- ja C-tyyppin standardeihin. A- ja B-tyyppin standardit ovat kaikkien tai useimpien koneiden ja laitteiden suunnittelussa sovellettavia horisontaalisia standardeja tai standardeja, joita sovelletaan C-tyyppin standardien laadinnassa. C-tyyppin standardit ovat konekohtaisia ja niissä käsitellään koneen suunnitteluun sovellettavissa olevia muista standardeja. (SFS-käsikirja 93-10, 7.)



Kuvio 4.1 Koneita koskevan standardijärjestelmän rakenne (Siirilä 2008, 60)

#### 4.2 Motoman HM6-10 teollisuusrobotin tekniset tiedot

- 6 akselia
- käsittelykyky 10 kg
- ulottuvuus 1422 mm
- toistotarkkuus 0,08 mm
- DX100 robottiohjain:
- suomenkielinen käyttöliittymä, Windows CE
- kappaleenkäsittelysovellus ohjelmisto
- kehittynyt robottiliiketoiminto ARM (Advanced Robot Motion Control)
- integroitu törmäystunnistustoiminto, tunnistustaso säädettävissä ohjelmallisesti
- informaatiokäytössä I/O-diagnostiikka, hälytysviestit ja –kirjanpito,

- käyttöaikalaskurit (mm. ohjaus-, servovirta-, ajo-, liike- ja työaika)
- laajennettu PLC-yksikkö oheislaitteiden hallintaan (esim. kuljettimet)
- moniajo-toiminto usean tehtävän samanaikaiseen suorittamiseen
- keskeytystyö-toiminto töiden priorisointiin
- lisäohjelmistoina mm. lavausmakroja, kappaleen nopea hakuohjelma tunnistussignaalin perusteella (anturi, alipainetunnistin tms.)
- ohjelmakapasiteetti 200 000 pistettä, 10 000 käskyä, 15 000 logiikkakäskyä
- PC-korttipaikka, USB, RS-232C sarjaliikenneportti ja Ethernet-liityntä
- tiedonsiirtoon ja varmuuskopiointiin
- Kannettava ohjelmointipaneeli graafisella 5,7" väri LCD-näytöllä, 8m kaapelilla
- robotin ja ohjaimen välinen kaapeli 6m

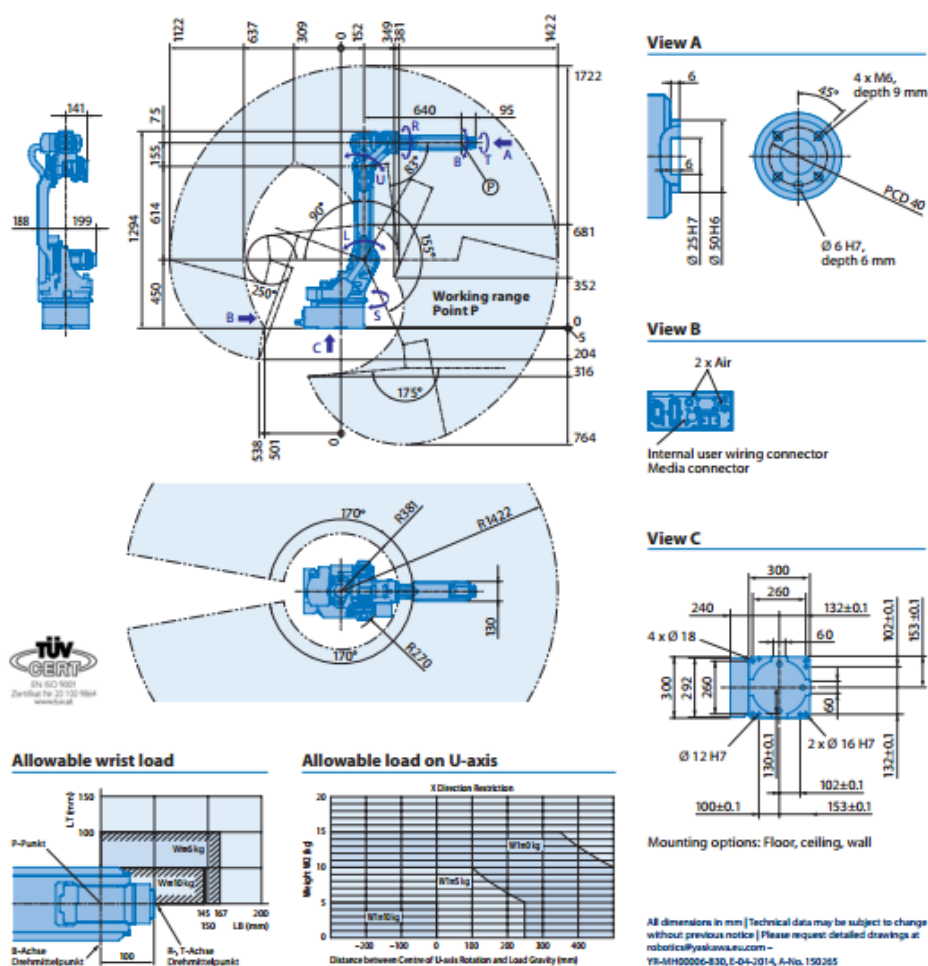
#### Pos. 2 TARRAIMEN OHJAUSYKSIKKÖ

- Laitekotelo kiinnitettynä robotin yläkäsivarren sivulle sisältäen:
- toimilaitteiden paineilmaventtiilit
- Liityntätiedot Paineilmaliitäntä: R1/2, 6 - 8 bar, kuiva ja puhdas,
- Sähköliitäntä: 230/400 VAC, 50Hz, 3 x 25 A
- Liitäntäteho: 1,5 kVA
- Dokumentit 2 settiä ja USB-muisti robotin ohjelmointi-, huolto- ja käyttöohjeet suomenkielisinä.



Kuva 4.2 Motoman MH6-10 teollisuusrobotti (Motomanin www-sivut 2015)

Turva-alueen suunnittelu ja siihen liittyvien turvalaitteiden valinnan yhtenä tärkeimmistä lähtökohdista oli robotin käsivarren ulottuvuudet (kts kuva 4.3). Robotin ulottuvuutta on rajoitettu robotin takaapäin ohjainkaapilla ja sen ympärille asennetulla työpöydällä. Näin on pystytty helposti rajaamaan käyttäjän pääsy vaara-alueelle.



Kuva 4.3 Motoman MH6-10 robotin ulottuvuudet ja sallitut kuormitukset (Motomanin www-sivut 2015)

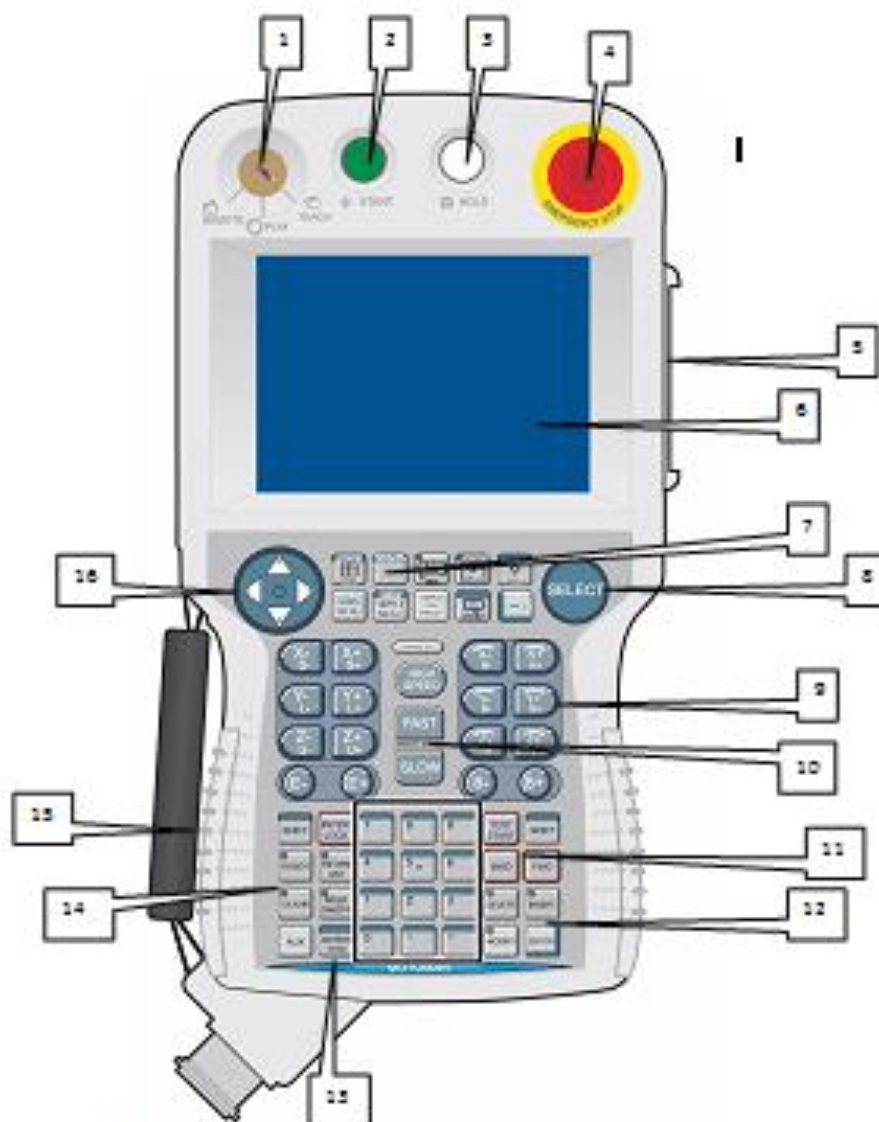
#### 4.2.1 Motoman robotin ohjain DX100

Motoman DX100 ohjelmointipaneeli on erittäin helppokäyttöinen ja se on varustettu kosketusnäytöllä. Paneelin vasemmassa yläkulmassa (kuva 4.4, nro 1) on avaimella varustettu käyttöasentokytkin, josta valitaan joko TEACH, PLAY tai REMOTE -tila. TEACH-tilaa käytetään ohjelmoitaessa robottia. TEACH-tilassa robotin liikeno-



peudet on rajoitettu, joten vaara hallitsemattomiin törmäyksiin on pieni, maksiminopeuden ollessa 250 mm/s. PLAY –tilassa suoritetaan valmiiden ohjelmien ajo. REMOTE –tilassa robottiin voidaan ottaa ulkoinen yhteys erillisen ohjelman avulla.

Ohjaimen takana (kuva 4.4, nro 15) on ”kuolleenmiehenkytkin” eli sallintakytkin, joka estää robotin tahattoman liikuttamisen.

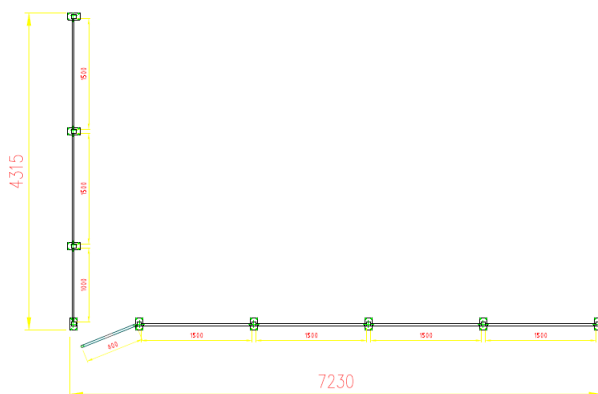


1. Ajotilanvalinta	9. Koordinaattistonäppäimet
2. Automaattiajon käynnistys	10. Käsiäjo-opeuden valinta
3. Automaattiajon pysäytys	11. Käsiäjo-näppäimet
4. Hetäpysäytys	12. Ohjelman muokkauksenäppäimet
5. CF-muistikorttipaikka (takana USB paikka)	13. Linkityypin valitto
6. Kosketusnäyttö	14. Robotin seläurakoisen akselin valinta
7. Käsiäjo-koordinaattiston valinta	15. Sallintakytkin opetusajalla
8. Valintanäppäin	16. Kursori

Kuva 4.4 Ohjaimen toiminnot (Motoman 2015)

#### 4.3 Valittu turva-aita ja Mechan Magnasafe MS7 turvakytin

Oppimisympäristön ympärille valittiin OEM:n toimittama teräsverkkoaita. Aidan mitat ovat 4315mm x 7230mm, korkeus 2000mm. Turva-aita on 130mm jalkojen varassa, aidan silmäkoko on 25 mm x 95mm. Aidassa on yksi käyntiportti, joka on varustettu koodatulla magneettiturvakytinellä (kuva 4.7). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei solussa voi käyttää mitään toimilaitetta portin ollessa auki. Portin aukaisu esimerkiksi automaattiajossa saa aikaiseksi hätä seis -signaalin. Aidan etäisyys solun toimilaitteista on kauttaaltaan yli 600mm, tämä on reilusti yli standardin vaatiman etäisyyden. Aita täyttää standardin asettamat turvallisuus vaatimukset myös muulta mitoitukseltaan.



Kuva 4.5 Oppimisympäristön turva-aidan mitat



Kuva 4.6 Oppimisympäristön turva-aitaa ja portti

Mechan turvamagneettikytkimet soveltuvat esimerkiksi porttien ja suojaluukkujen valvontaan. Toiminta on kosketukseton ja koostuu turvakytkimestä sekä koodatusta magneetista. Kun turvakytkimen ja koodatun magneetin tunnistuspinnat ovat kohdakkain, ovat NC-turvakoskettimet kiinni ja NO-signaalikosketin auki. Magnasafe MS7 kytkimen virtakestoisuus on 300 mA, joten se on suunniteltu toimimaan turva-releen kanssa, jossa hätä seis -kanavan kytkentävirta on matala, alle 300 mA. (OEM www-sivut 2015.)



Kuva 4.7 Mechan Magnasafe MS7 (OEM www-sivut 2015)

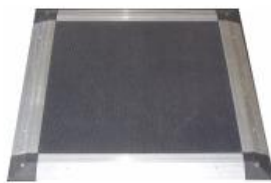
Taulukko 4.1 Mechan turvamagneettikytkimen tekniset tiedot

Toiminta	Koodattu magneetti
Kytkeväjännite	24 V DC
Max. kytkentävirta	300 mA
Koskettimet	2 NC turva + 1 NO signaali tai 3 NC turva
Tunnistustäisyys	n. 7 mm ON / n. 12 mm OFF
Sulake ulkoinen (suositeltava)	200 mA
Kotelointiluokka	IP67
Kotelon materiaali	ABS, täytetty hartsilla
Käyttölämpötila	-10 °C...+55 °C
Asennus	2 x M4 turvatorx ruuvi
Kytkevä	3m/6m PVC kaapeli
B10d	2,0 milj.
MTTFd Based on usage rate of 360 days/Y, 24H/Day, 10 Op/H	High >100 Years
TM (Mission time)	> 20 Years
PFHd	4.3 x10 <sup>-11</sup> (See Note 1)
PFH	6.52 x10 <sup>-8</sup>
DC	99 %
SFF	98 %
Note 1	Based on dual channel wiring according to Category 3. Diagnostic Coverage provided by downstream control logic. DC - medium, MTTFd = 100 years May be suitable for performance level applications PLc or PLd according to ISO 13849-1. ( SIL3 or SIL2 according to IEC 62061)
Hyväksynnät	CE UL 508

(OEM www-sivut 2015)

#### 4.4 Grein turvamatot

Oppimisympäristöön valitut Grein turvamattojen pintamateriaali on PVC:tä ja reunat alumiinia. Mattojen maksimipituus on 2500 mm ja leveys 1500 mm (OEM www-sivut 2015). oppimisympäristössä on kaikkiaan kuusi erikokosta mattoa. Turvamatot on kytketty kolmen maton sarjaan. Mattoja voidaan kytkeä maksimissaan 10 m<sup>2</sup> alueella sarjaan. Mattojen turvaluokka on valvontayksikön kanssa 3 (OEM www-sivut 2015).



Kuva 4.8 Grein turvamatot (OEM www-sivut 2015)

Turvamattoja käytetään vaarallisten koneiden läheisyydessä sekä niiden ympärillä varmistamaan käyttäjille turvallinen työympäristö. Käyttäjän aktivoitessa turvamatto eli astuessa matolle, koneen vaaralliset liikkeet pysähtyvät tai siirtyvät turvalliselle nopeudelle. Kun käyttäjä poistuu matolta, voi kone toimia taas normaalisti. Turvamatto soveltuu turvaluokkaan 3 yhdessä valvontayksikön / turvareleen kanssa. Turvamattojen sisällä kiertää kuparinen kontaktiliuska (2 NO kontaktia), jonka läpi tur-

varele syöttää jännitettä. Kun turvamatto aktivoituu, NO-koskettimet sulkeutuvat ja turvareleen NO-koskettimet aukeavat ja tällöin vaaralliset liikkeet pysähtyvät. (OEM www-sivut 2015.)



Kuva 4.9 Oppimisympäristön turvamatto

Rakentamassamme oppimisympäristössä mattojen päälle astuminen aiheuttaa kaikkien toimilaitteiden välittömän pysäytyksen. Kuten tekniset tiedot osoittavat on pienin aktivointimassa 25kg.

Taulukko 4.2 Turvamaton tekniset tiedot

Aktivointivoima	25 kg testikappaleella (Ø80 mm) 45 kg testikappaleella (Ø200 mm)
Tunnoton vyöhyke	max. 30 mm reunoista
Syvyys	9 mm
Paino	n. 12 kg/m <sup>2</sup>
Pituus max.	2500 mm
Leveys max.	1500 mm
Käyttöjännite	24 V DC
Kytkevätvirta max.	1A, 24V
Kaapeli	4 johdinta
Vasteaika	40 ms
Kotelointiluokka	IP65
Lämpötila-alue	-10 °C...+60 °C
Kiinnitys	Alumiinilistat AG-11/1 tai AL-12/2
Standardimukaisuus	EN 1760-1

(OEM www-sivut 2015)

#### 4.5 Valitut merkkivalot ja varoituskyltit

Taulukko 4.3 Merkkivalojen merkitykset oppimisympäristössä

Väri	Merkitys
<b>PUNAINEN</b>	HÄIRIÖTILANNE SOLUSSA (esim. robotin törmäystilanne)
<b>KELTAINEN</b>	KÄSINOHJELOINTITILANNE ROBOTILLA Solussa noudatettava erityistä varovaisuutta
<b>VIHREÄ</b>	AUTOMAATTINEN TOIMINTA
<b>SININEN</b>	ETÄOHJELMOINTI / ULKOINEN TIETOKONEYYHTEYS ROBOTTIIN



Kuva 4.10 Merkkivalot  
(OEM www-sivut 2015)

Merkkivalo eli ”majakka” ilmaisee solun tilan. Valojen merkitys on kuvattu turva-aidassa olevien kylttien avulla.

Varoituskylttien tarkoituksena on herättää käyttäjien huomio alueella noudatettavaan varovaisuuteen.

Oppimisympäristö on varustettu seuraavilla kylteillä

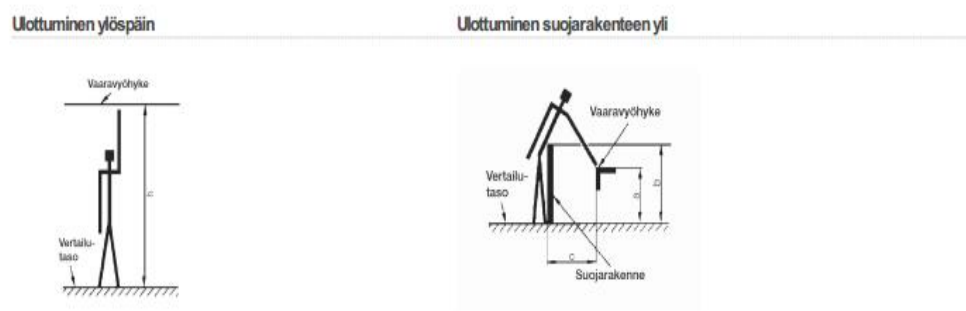
- ”Automaattinen kone” sijaitsee suoja-aidassa molemmilla sivuilla.
- ”Puristumisvaara” sijainti turva-aidassa ja kuljettimien läheisyydessä.
- ”Järjestelmän käyttö sallittu vain koulutuksen saaneille” sijaitsevat turva-aidassa ja Motoman robotin ohjauskaapissa.

- ”Tarpeeton oleskelu koneen työalueella kielletty” Sijainti suoja-aidan molemmilla sivuilla.
- ”Hätä seis” sijainti painikkeiden yläpuolella.

## 5 TURVA-ALUESUUNNITTELU

Turvallinen työskentely edellyttää järjestelmän yksittäisten osien ja ennen kaikkea kokonaisuuden tuntemista. Järjestelmästä vastaavien on käyttöohjeiden lisäksi tunnettava työturvallisuutta koskevat määräykset, joista tärkeimmät ovat Työturvallisuuslaki 28.6.1958 muutoksineen ja konedirektiivin mukainen Valtioneuvoston päätös 1314/1994. (Motoman, 4.)

Toiminnassa oleva robottijärjestelmä muodostaa automaattisen toimintatavan johdosta runsaasti vaaroja. Näiden vaarojen olemassaolo on tiedostettava ja tehtävä kaikki mahdollinen niiden estämiseksi. Tärkeimpiä toimia on järjestelmässä tai sen läheisyydessä olevien ihmisten varoittaminen järjestelmän olemassaolosta. Lisäksi on estettävä asiattomien liikkuminen vaara-alueella. (Motoman, 4.)



Kuva 5.1 Turvaetäisyydet SFS-EN ISO 13857 standardin mukaan (OEM www-sivut 2015)

Oppimisympäristön automaattiosolu on rakennettu turva-aluestandardien mukaiseksi niihin liittyvine turvaetäisyyksineen ja turvalaitteiden reagointinopeuksin. Kaikkia



solun turvalaitteita ohjaa erillinen turvalogiikka, jonka asennus ei liity kuitenkaan tähän työhön, mutta sen asennus on aloitettu.

Turvalaitteita on hankittu riskianalyysin ja käytännön kokemusten perusteella. Mikäli tarvetta on, turvalaitteiden määrää voidaan myöhemmin lisätä.

Taulukko 5.1 Ulottuminen suojarakenteiden yli - suuririski

(Mitat mm) Vaaravyöhykkeen korkeus <sup>c</sup> a	Suojarakenteen korkeus <sup>a, b</sup> b									
	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500	2700
	Vaakasuoja etäisyys vaaravyöhykkeeseen <sup>c</sup>									
2700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	-
2400	1100	1000	900	800	700	600	400	300	100	-
2200	1300	1200	1000	900	800	600	400	300	-	-
2000	1400	1300	1100	900	800	600	400	-	-	-
1800	1500	1400	1100	900	800	600	-	-	-	-
1600	1500	1400	1100	900	800	500	-	-	-	-
1400	1500	1400	1100	900	800	-	-	-	-	-
1200	1500	1400	1100	900	700	-	-	-	-	-
1000	1500	1400	1000	800	-	-	-	-	-	-
800	1500	1300	900	600	-	-	-	-	-	-
600	1400	1300	800	-	-	-	-	-	-	-
400	1400	1200	400	-	-	-	-	-	-	-
200	1200	900	-	-	-	-	-	-	-	-
0	1100	500	-	-	-	-	-	-	-	-

a) Korkeudeltaan alle 1000 mm suojarakenteita ei ole oletettu mukaan, koska ne eivät rajoita kehon liikettä riittävästi.

b) Korkeudeltaan alle 1400 mm suojarakenteita ei suositella käytettäväksi ilman täydentäviä suojaustoimenpiteitä.

c) Yli 2700 mm korkeudella olevien vaaravyöhykkeiden osalta. (katso kohta 4.2.1.)

(OEM www-sivut 2015)

## 6 RISKIT JA NIIDEN ARVIOINTI

Työturvallisuuslain (738/2002) 10 § mukaan jokaisella työnantajalla on velvollisuus selvittää, tunnistaa ja arvioida työntekijöiden turvallisuudelle ja terveydelle aiheutuvat haitat ja vaarat, joka on osa työpaikan turvallisuustoimintaa.

Työterveyshuoltolain (1383/2001) 12 § mukaan työterveyshuollon tehtäviin kuuluu työn ja työolosuhteiden terveellisuuden ja turvallisuuden selvittäminen ja arviointi. Työterveyshuollon tehtävänä on osallistua työpaikan riskien arviointiin asiantuntijatahona.

Koneiden turvallisuutta koskeva valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008) velvoittaa koneiden valmistajia arvioimaan koneisiin liittyvät riskit, joiden perusteella suunnitellaan ja toteutetaan turvallisuustoimenpiteet ja laaditaan tarvittavat dokumentit ja käyttöohjeet. Osoituksena siitä, että kone täyttää sitä koskevat olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset, koneen valmistajan on allekirjoitettava vakuutus vaatimustenmukaisuudesta ja kiinnittää koneeseen CE-merkintä.

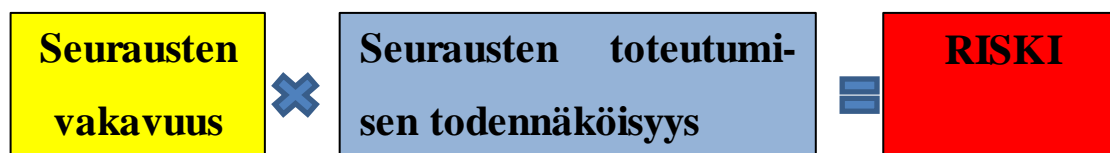
Riskien tunnistamisessa ja niiden arvioimisessa on tunnistettava mahdolliset koneet tai prosessin osat ja ominaisuudet, jotka voivat aiheuttavaa vaaraa. Samalla kun nämä tekijät tunnistetaan, on arvioitava vaaraan liittyvät pahimmat mahdolliset tapahtumien eniten vahinkoja aiheuttavat seuraamukset. Samalla on myös tunnistettava ja huomioitava terveyshaittoihin liittyvät vaaratekijät, jotka voivat aiheuttaa todennäköisesti tapaturman. Tähän todennäköisyyteen vaikuttavat sekä laitteiden ja prosessien lisäksi työntekijöiden oma toiminta. Kun arvioidaan laitteita ja prosesseja, on huomioitava myös niiden vikaantuminen ja erilaisten vikaantumisten todennäköisyys. Koneen ominaisuuksien lisäksi on huomioitava myös työntekijöiden inhimillisyys, sillä ihmisten käyttäytyminen erilaisissa tilanteissa on usein vaikeaa ennustaa. Tämä tarkoittaa sitä, että annettujen ohjeiden noudattamatta jättäminen ja niiden vastainen toiminta on huomioitava yhtenä riskejä aiheuttavana tekijänä. (Siirilä & Pahkala 1999, 86.)

## 6.1 Mikä on riski?

Koneiden, laitteiden ja työpaikkojen turvallisuuden taso määritetään nykyään pääasiallisesti riskien arvioinnin perustella (Siirilä 2005, 33). Riskin määritelmä on yhdistelmä vaaratekijöistä mahdollisesti aiheutuvien haitallisten seuraamusten vakavuudesta ja niiden toteutumisen todennäköisyydestä (Siirilä & Kerttula 2007, 28).

Lainsäädännössä ja standardeissa riski tarkoittaa suunnilleen samaa asiaa kuin jokapäiväisessä puh kielessäkin. Riski muodostuu seurauksista ja sellaisista seurausten toteutumisen todennäköisyyksistä, jotka voidaan ajatella toteutuviksi. Tämä tarkoittaa sitä, että riski on kohtalainen esimerkiksi silloin, kun seurauksien voidaan katsoa

olevan erityisen haitalliset, mutta niiden toteutuminen on jokseenkin epätodennäköistä. Yhtä suuri riski on silloin, kun seuraukset ovat lievästi haitallisia, mutta toteutuminen hyvin todennäköistä. (Siirilä 2008, 77.)



Kuvio 6.1 Riski on yhdistelmä seurausten vakavuutta ja näiden toteutumisen todennäköisyyttä. (Siirilä & Kerttula 2007, 28)

## 6.2 Riskien arviointi

Riskien suuruus määritellään ja niitä vertaillaan keskenään antamalla vaarallisten tapahtumien seurauksille ja näiden toteutumisen todennäköisyydelle valitun jaottelun mukainen lukuarvo. Kun seurauksia ja vaarojen todennäköisyyksiä kuvaavat luvut kerrotaan keskenään, saadaan riskiä kuvaava luku. (Siirilä & Kerttula 2007, 28.) Lainsäädäntö edellyttää riskien saattamista mahdollisimman pieneksi (Siirilä 2005, 34).

Tällä hetkellä käytössä on useita erilaisia riskien luokitteluja. Yksi käytetyimmistä on brittistandardiin BS 8800 perustuva viisitoista riskin luokittelua (Siirilä 2008, 77.78).

Vakavuus Esiintyminen			
	Vähäiset seuraukset	Haitalliset seuraukset	Vakavat seuraukset
Epätodennäköinen	1 merkityksetön riski	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski
Mahdollinen	2 Vähäinen riski	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski
Todennäköinen	3 Kohtalainen riski	4 Merkittävä riski	5 Sietämätön riski

Kuvio 6.2 Riskien arviointitaulukko (Siirilä 2008, 78)

Sen jälkeen, kun riskin suuruus on määritelty tapahtuman todennäköisyyden ja seurausten avulla, on päätettävä riskin hyväksyttävyydestä eli sen merkittävyydestä. Tällöin arvioidaan, kuinka vakavasta riskistä on kyse ja miten nopeasti se tulisi poistaa. Riskin merkittävyyteen vaikuttaa suuresti sen kohdistuminen ja riski onkin merkittä-

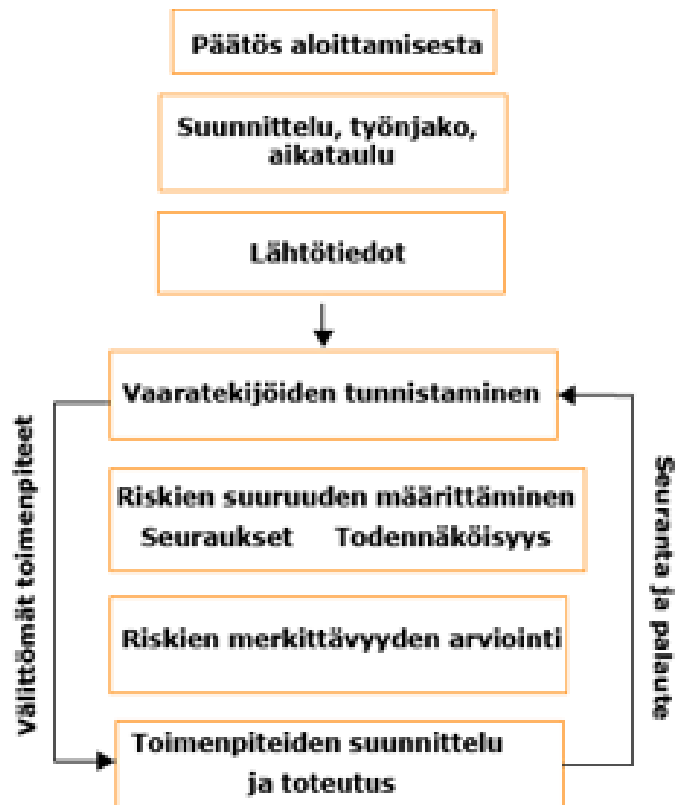
vämpi, mikäli se kohdistuu ihmiseen, kuin että se kohdistuisi omaisuuteen. Merkittävyyttä arvioitaessa selvitetään myös riskin pienentämisen mahdollisuus ja verrataan riskin aiheuttaneen toiminnon hyötyjä sen aiheuttamaan riskiin. Riskin merkittävyyttä on mahdotonta määrittää täysin objektiivisesti, sillä arvioijan näkökulma ja henkilökohtaiset tekijät vaikuttavat myös saatuun tulokseen. Riskien merkittävyyden perusteella arvioidaan turvallisuustoimenpiteiden tarve. Kaikkia riskejä on lähes mahdotonta poistaa yhdellä kertaa heti riskienarvioinnin jälkeen, minkä vuoksi riskien hyväksyttävyyttä tulee arvioida ja verrata. Hyväksyttävyyden perusteella määritellään, mitkä riskit poistetaan ensisijaisesti. (Tampereen teknillisen yliopiston www-sivut 2015.)

Oppimisympäristölle on tehtävä riskien arviointi, sillä oppimisympäristö kuuluu C-typin standardeihin, jotka ovat erityisesti laadittuja standardeja koskien määrättyypisiä koneita joihin mm. robotti kuuluu.

Riskien arvioinnin perusteella tullaan tekemään lopulliset päätökset ympäristön suojauksista. Riskien arvioinnin tulon suorittamaan mahdollisimman laaja-alaisen organisaation avustuksella. Riskien arvioinnissa on useita menetelmiä. Niille on kuitenkin yhteistä seuraavat tekijät

- vaaratekijöiden tunnistaminen
- vaaratekijöiden aiheuttamien tapaturmien ja terveyshaittojen vakavuuden arviointi
- oletettuihin seurauksiin johtavien tapaturmien todennäköisyyksien arviointi
- tapaturmavaarojen ja terveyshaittojen poistaminen

(Siirilä 2008, 83.)



Kuvio 6.3 Riskiarvioinnin toteutus (TTK:n www -sivut 2015)

Jokaiseen vaaratekijään liittyvät riskit on arvioitava erikseen. Erilaiset vaaratekijät kuten esimerkiksi puristuminen, leikkautuminen tai isku, tulee kuitenkin tarkastella myös kaikkien riskitekijöiden kokonaisuutena riskien vähentämistoimenpiteitä suunniteltaessa sillä samalla voidaan vähentää useamman vaaratekijän riskitekijöitä. (Siirilä & Kerttula 2007, 32.)

### 6.3 Oppimisympäristön turvallisuus

Oppimisympäristön turvallisuuden varmistamiseksi on olemassa monenlaisia ratkaisuja mm. mekaanisia aitauksia, liikkeen tunnistavia antureita eli ns. valoverhoja, tunnistusmattoja ja konenäkösovelluksia. Yleisimmät robottien kanssa tapahtuneet tapaturmat johtuvat yleensä koneen tahattomasta käynnistyksestä automaattikäytölle ihmisen ollessa robotin työskentelyalueella. Erilaiset puristumisonnettomuudet ovat yleisimpiä. (Malm 2008, 4-5.)

Näiden eliminoiniseksi on ympäristöön kehitettävä rinnakkaisia turvajärjestelmiä. Turvajärjestelmissä on huomioitava robotin liikeradat ja opetusympäristön muu layout. Turvajärjestelmien hankinta tehdään riskienarvioinnin perusteella standardit ja määräykset huomioon ottaen. Tarjoukset järjestelmistä tullaan pyytämään vähintään kolmelta eri toimittajalta. Selvitän myös minkä tyyppisiä ratkaisuja on vastaavissa ympäristöissä käytetty ja millaisia on markkinoilla saatavissa. Ympäristön kaksi seinää ovat kiinteitä tiliseiniä, joten mahdollisia aitauksissa selvittään siltä osin kahdella seinällä. Alueen muu käytännön valvonta laitteisto kehittyy sitä mukaan kun laaditaan tulevia harjoitustöitä alueella. Näihin en tässä työssä varsinaisesti puutu, mutta selvitän kirjallisuudesta ja eri toimittajilta eri vaihtoehtoja. Käytän turvallisuustuotteiden toimittajien asiantuntemusta vastaavista ympäristöistä, keskustelemalla heidän kanssaan vastaavien projektien toimituksista, yleensä vastaava ympäristö toimitaan teollisuuteen avaimet käteen periaatteella, jolloin vastuu työturvallisuusstandardien ja lakien vaatimuksista jää toimittajalle.

Automatisoitua koneympäristöä ja niiden suunnittelua koskevat useat eri standardit. Standardissa ISO –EN 10812-2 Robots for industrial environments, Safety requirements, Part 2 Robot systems and integration käsitellään robotisoituja automaatioympäristöjä ja niiden rakentamista.

.

Muita standardeja, jotka koskevat ympäristön rakentamista

- ISO –EN 10812-1 Teollisuusrobotit. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Robotti
- SFS-EN 953 + A1 2009. Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet.
- SFS-EN 349 + A1 2008. Koneturvallisuus. Vähimmäisetaisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi.
- SFS-EN 13857 2008 Koneturvallisuus. turvaetaisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille.
- SFS-EN ISO 141421-1 2007 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 1: periaatteet.
- SFS-EN ISO/TR 141421-2 2010 Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä.

Näiden lisäksi olen tutustunut lukuisiin aiheesta tehtyihin tutkimuksiin.

Taulukko 6.1 Aiheeseen liittyvää tutkimusta

<b>Tekijä, vuosi</b>	<b>Aihe</b>	<b>Menetelmät</b>	<b>Keskeiset tulokset/ tuotokset</b>
Timo Malm	Robotiikka ja turvallisuus	Projekti	Automaation keskeiset turvallisuusjärjestelmät
Timo Malm	Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus	Projekti	Järjestelmien toiminta on johdonmukaista ja luotettavaa kun valaistusolosuhteet ja käytettävät turva-alueet on määriteltä
Tapaturma vakuutuslaitosten liitto	Yrittäjä puristui robotin alipainetarttujan ja kuljettimien rakenteiden väliin.	Tutkimus	Vaarojen tunnistus ja ennaltaehkäisy.
Raine Ruohola	Robottisolun turva-alue suunnittelu	Projekti	Robottisolun kehittäminen on vaativa tehtävä turvallisuutta laiminlyömättä.
Mikael Billing	Oppimisympäristö robotiikan ja etäohjelmoinnin opetukseen	Projekti	Lopputulos on laajan opetusympäristön haasteellisuus ja mahdollisuudet.
Matti Sundquist	Työturvallisuus automaation varassa	Tutkimus	Automaatio järjestelmien laadinnassa turvallisuuden varmistamisessa on noudatettava niitä koskevia turvallisuus standardeja.

## 6.3.1 Oppimisympäristön riskienarviointi

KOHDE Automaatioalan oppimisympäristö				Analyyysin pvm
Laatija Tero Kallioniemi				6.9.2015
.Vaaraa/uhkaa aiheuttava tilanne	Seuraukset	Riski	Nykyinen varautuminen	Toimenpide-ehdotukset
Alueelle pääsy koneiden käydessä	Henkilön puristumisvaara / leikkautumisvaara / takertumisvaara	5	Alue aidattu. Aidat varustettu käytön estävän magneettikytkimin. Työskentelyalueet suojattu tuntomatoilla. Merkinantovalo ilmaisee koneen tilan.	Riittävä ohjeistus ja neuvonta järjestelmän toiminnasta. Varoitus- ja ohjekyltit.
Robotin käsin ohjelmoinnin yhteydessä syntyvä vaaratilanne	Henkilön puristumisvaara / leikkautumisvaara / takertumisvaara	5	Robotin liikealueet suojattu tuntomatoilla.	Riittävä ohjeistus ja neuvonta järjestelmän toiminnasta.
Työkappaleen irtoaminen	Kappale sinkoutuu osuen henkilöön	2	Robotin tarttumat suunniteltava huolellisesti. Suoja-aita estää esineen sinkoutumisen toiminta-alueen ulkopuolelle. Robotin käsittelemät massat ovat pieniä.	Ohjelmointi riittävän alhaisilla liikenopeuksilla. Ohjeistus riittävä.
Kuljettimien liikkuvat osat	Raajan jääminen kuljettimen ja / tai ketjujen väliin	3	Automaattitoiminnon aikana turvamatto estää pääsyn alueelle. Suojukset estävät pääsyn ketjuihin ja kuljettimen vaara-alueille.	Ohjeistus riittävä. Riittävä suojaus.
Kompastuminen	Kaatuminen / horjahdus mattojen reunaan / robottiin / maahan.	2	Käyttäjien riittävä ohjeistus.	Ohjeistuksen kerääminen riittävän usein.



## 6.4 Robottitapaturmat

Teollisuusrobottien käytöstä aiheutuvat onnettomuudet voidaan onnettomuuden tyy-  
pin mukaan seuraavasti

- Isku ja törmäys
- Puristuksiin jääminen
- Mekaaniset viat
- Muut syyt.

(Robotworx 2015.)

Teollisuudessa tapahtuu vuosittain arviolta 30 lievää työtapaturmaa, joissa on osalli-  
sena teollisuusrobotti. Vakavia robottitapaturmia maailmassa on tapahtunut  
25, joista 23 on ollut puristumisonnettomuuksia. Kuolemaan johtaneita tapaturmia,  
joissa on ollut osallisena teollisuusrobotti, on ollut viisi. Nämä tiedot löytyvät Timo  
Malmin toimittamasta Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus –kirjasta, johon on  
koottu tilastoja robottionnettomuuksista vuosilta 1989-2006.

Teollisuusrobottien aiheuttamista onnettomuuksista on vaikea löytää tilastotietoa,  
sillä ne luokitellaan teollisuusonnettomuuksiksi ja kirjataan muiden teollisuusonnet-  
tomuuksien joukkoon yksilöimättömänä.

Teollisuusrobotin toimiessa yksin normaaleissa olosuhteissa, ei vaaratilanteita juuri-  
kaan tapahdu, vaan ne syntyvät useimmiten silloin, kun ihminen on mukana robotin  
toiminnassa, joko sen toiminta-alueella tai lähiympäristössä. Tilanteita, joissa onnet-  
tomuudenriski on suuri, ovat robotin asennus, ohjelmointi, testaus, säätö ja huolto-  
toimenpiteet. Jotkin teollisuusrobotit työskentelevät suurilla nopeuksilla, jolloin nii-  
den aiheuttamat iskut voivat olla erittäin vakavia. Robotti voi osua käyttäjään sekä  
robotin virheellisestä toiminnasta että käyttäjän virheestä johtuen tai robottisolun si-  
säpuolelle menevä henkilö voi jäädä esimerkiksi robotin ja turva-aidan väliin puris-  
tuksiin odottamattoman toiminnan seurauksena. (OSHA www-sivut 2015.)

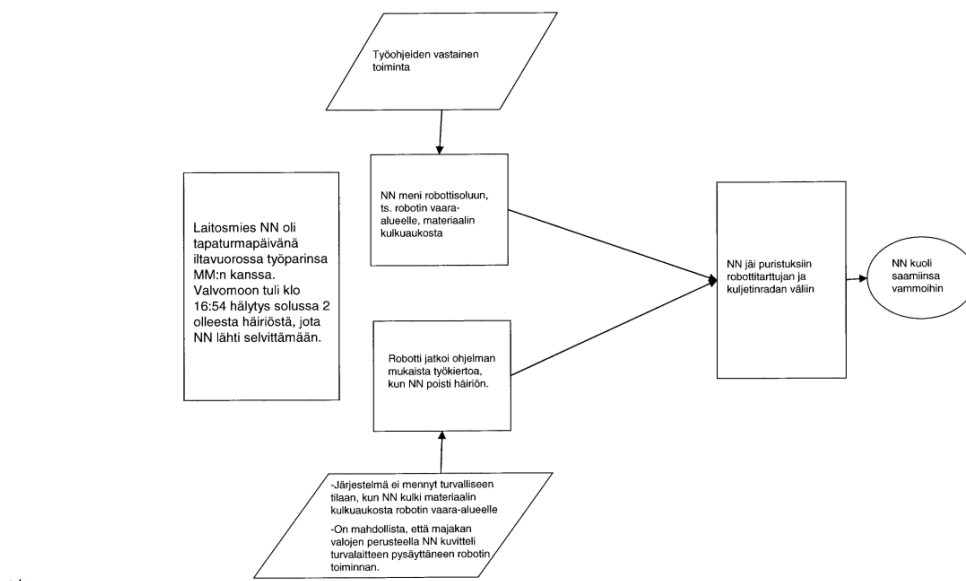
#### 6.4.1 Tapahtuneita robottitapaturmia

Tuorein kuolemaan johtanut robottitapaturma tapahtui Volkswagenin Saksan tehtailla heinäkuussa 2015. Taloussanomien mukaan autojätti Volkswagenin tehtaalla Saksassa tapahtuneessa onnettomuudessa robotti tappoi tehtaan työntekijän. (Taloussanomien www-sivut 2015.) *”21-vuotias teknikko kuoli asentaessaan autojen kokoaamisessa käytettävää robottia. Yllättäen käynnistynyt robotti iski miestä rintaan, ja heitti iskun voimasta hänet vasten metallilevyä. Mies kuoli myöhemmin saamiinsa vammoihin. Kuollut teknikko oli onnettomuuden sattua turvahäkin sisällä.”* (Taloussanomien www-sivut 2015.)

Suomessa on sattunut myös joitakin kuolemaan johtaneita robottionnettomuuksia.

Vuonna 2006 laitosmies puristui robottitarttujan ja kuljetinradan väliin. Järjestelmä ei mennyt ”hätä seis”- eli turvalliseen tilaan, vaikka työntekijä oli kulkenut materiaalin kulkuaukosta robotin vaara-alueelle. Todennäköisesti työntekijä oli luullut robotin toimintojen pysähtyvän hänen kulkiessaan turvalokkenojen ohi robottisoluun. Robotti jatkoi ohjelman mukaista työkiertoa työntekijän poistaessa häiriön. Työntekijä seisoivat hoitotasolla selin robotin tarttujaan nähden, joten hän ei havainnut robotin liikettä vaan jäi tarttujan ja radan väliin puristuksiin saaden vammoja, joihin menehtyi välittömästi. (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto 2006, 3.)

Onnettomuuteen johtaneina syinä on tutkinnassa todettu puutteet robottisolun vaarojen arvioinnissa sekä valvonnan puute. Järjestelmän turvallisuusteknisten puutteiden todetaan olevan seurausta puutteista robottisolun toimintaan liittyvien vaarojen arvioinnissa. Koneen suunnittelussa ja työpaikalla ei olla tarpeeksi huomioitu mahdollisuutta siihen, että ihmisen on mahdollista kulkiessaan materiaalin kulkuaukosta vaimentaa turvaloverhon ja siten päästä vaara-alueelle robotin toimintojen pysähtymättä. Muiden työntekijöiden kertoman mukaan menehtyneen työntekijän todennäköisesti käyttämää, vaaralliseksi todettua ja työohjeiden vastaista reittiä on toisinaan käytetty mentäessä robottisoluun poistamaan häiriötä, mikä ei ole ollut työnjohdon tiedossa ennen onnettomuutta. (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto 2006, 4.)



Kuvio 6.4 Robottionnettomuuden kulku (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto 2006, 7)

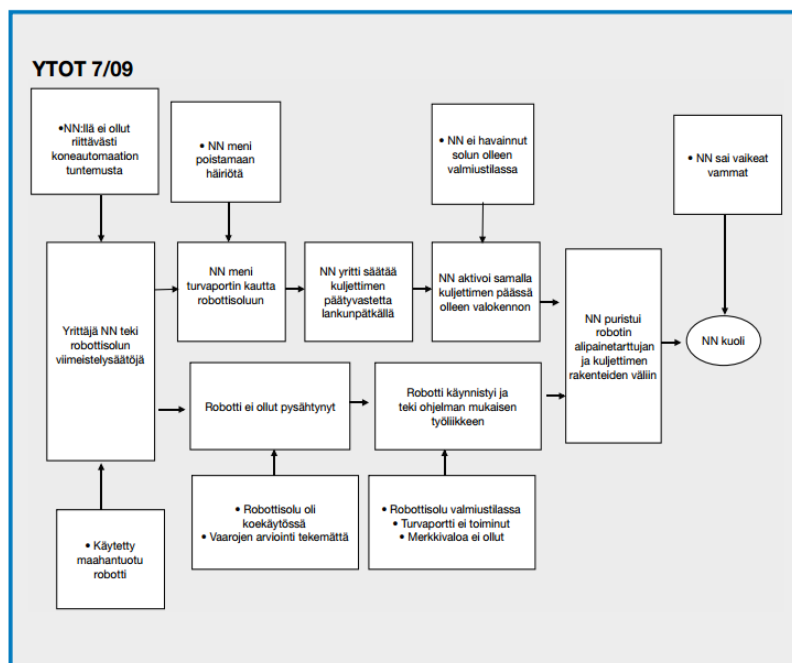
Vuonna 2009 tapahtuneessa robottionnettomuudessa yrittäjä puristui robotin alipainetarttujan ja kuljettimen rakenteiden väliin saaden surmansa. Puuseppäteollisuuden yrittäjä oli tehnyt robottisolun viimeistelysäättöjä, jolloin solun palakoneen poistokuljettimeen oli tullut häiriö, minkä vuoksi yrittäjä meni turvaportin kautta solun sisälle. Hän oli kammennut hirrenpätkällä poistokuljettimen päätyvastetta, jolloin kuljettimen päässä oleva valokenno oli aktivoitunut saaden aikaan robotin työliikkeen. Yrittäjä jäi puristuksiin robotin alipainetarttujan ja kuljettimen rakenteiden väliin. (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto 2009, 1.)

Onnettomuustutkinnassa tapaturman syiksi kirjattiin

- Robottisolua ei ollut vielä otettu tuotantokäyttöön, vaan se oli asennus- ja koekäyttövaiheessa
- Vaarojen tunnistaminen ja niiden eliminointi oli kesken
- Määräystenmukainen vaatimustenmukaisuusvakuutus ja CE-merkintä olivat tekemättä, koska robottisolu ei ollut vielä valmis.

Lisäksi tutkinnassa todettiin, että robottisolun rajakytkimillä varustetun, koneen toimintaan kytketyn turvaportin avaaminen ei jostakin syystä katkaissut energiansyöttoa, vaan poistokuljettimen valokennon aktivointi aiheutti työliikkeen, vaikka turvaportti oli auki. Tämän lisäksi robottisolusta puuttui automaattitoimintoa ilmaiseva

merkkivalo, joten yrittäjä ei havainnut solun olevan tuotantotilassa. Yrittäjän kamme-  
tessa hirrenpätkällä poistokuljettimen päätyvastetta, seisten kuljettimen vieressä, hän  
aktivoi kuljettimen päässä olevan valokennon, joka aikaansai robotin työliikkeen.  
(Tapaturmavakuutuslaitosten liitto 2009, 5.)



Kaavio 6.1 Kaavio tapahtumien kulusta ja tapaturmatekijöistä (Tapaturmavakuutus-  
laitosten liitto 2009, 8)

Molemmissa esimerkkinä olleissa Suomessa tapahtuneissa robottionnettomuuksissa onnettomuuteen johtaneet syyt ovat olleet ihmisen omalla toiminnallaan aiheutuneita. Molemmissa tapauksissa tutkinnassa on todettu onnettomuuden johtuneen puutteellisista turvajärjestelyistä sekä ihmisen omasta toiminnasta.

## 7 TURVALLISUUSMEKANIikka

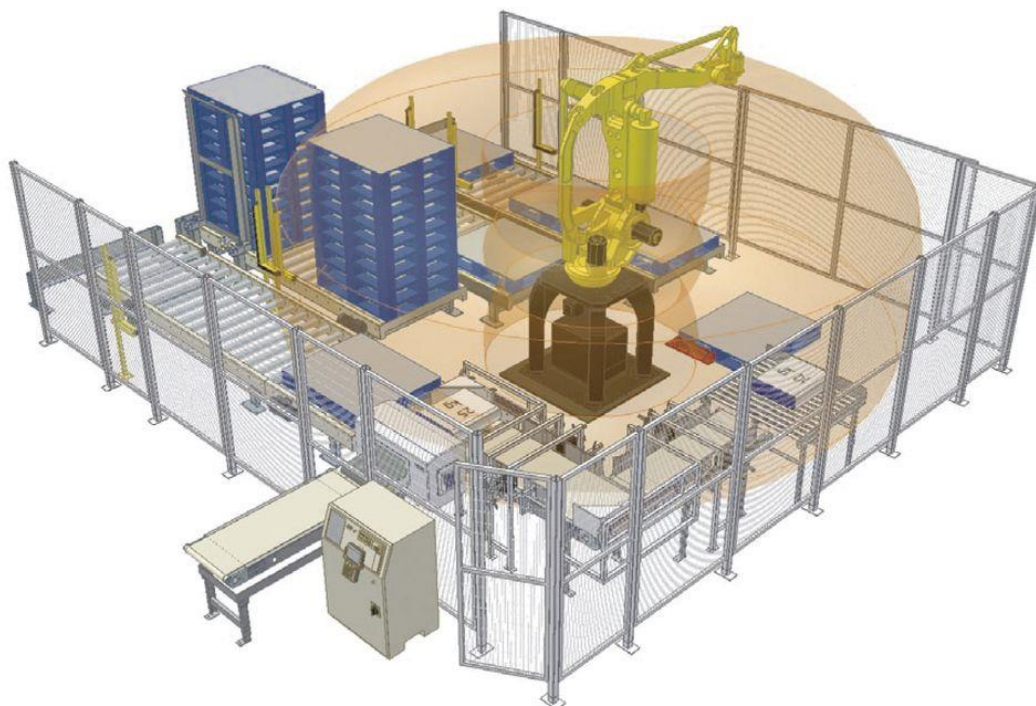
Lainsäädäntö määrää, että käytössä olevien koneiden on oltava niin turvallisia, ettei niiden kanssa tapahdu tapaturmia (Siirilä 2005, 33). Työturvallisuuslaki (23.8.2002/738) määrää, että robotti on eristettävä fyysisellä esteellä tai riittävän tehokkailla valvontamenetelmillä. Esteen tulee olla kytkettynä robotin ohjaukseen so-

veltuvalla anturilla, jotta estettä ei ole mahdollista ohittaa robotin pysähtymättä. (Työturvallisuuslaki, 2002).

Jotta robotin työskentely-ympäristöstä saadaan turvallinen, on alue suojattava lain vaatimalla tavalla. Robotin toiminta-alue voidaan esimerkiksi suojata siten, että menoa alueelle robotin ollessa toiminnassa, estetään kokonaan esimerkiksi turva-aidoilla, joiden ovissa on turvakatkaisijat, jotka pysäyttävät robotin toiminnan tarvittaessa. Häätä seis –painike on sijoitettava robotin lähetyville siten, että siihen on esteetön pääsy. Muilla ulkoisilla varoituskkeinoilla, varoittavilla vilkkuvaloilla, merkkivalotorneilla, varoitussäänillä laitteen käynnistyessä, varoituskylteillä ja lattiaan maalatuilla tai teipatuilla turva-alue merkinnöillä, voidaan herättää huomiota alueella. (Robotworx 2015.)

## 7.1 Turva-aidat

Turva-aidat ovat näkyvin ja ehkä tärkein turvallisuuselementti, sillä niiden avulla voidaan estää pääsy robotin toiminta- ja turva-alueelle. Aitavaihtoehtoja on useita ja valinnassa tuleekin ottaa huomioon se, millaisen robotin suojauksesta on kyse. Esimerkiksi hitsausrobotin suoja-aitojen tulee olla umpinaisia ja estää kirkkaan valokaaren sokaisu ja kipinöiden pääsyn turva-alueen ulkopuolelle. Kokoonpanorobotin turva-aidoiksi riittää pienisilmäinen teräsverkkoaita, jonka läpinäkyvyys on hyvä ja eikä robotin työnkuvasta johtuen tarvitse suojata ulkopuolista esimerkiksi kipinöiltä tai lentäviltä lastuilta. (Ruohola 2011, 20.)



Kuva 7.1 Turva-aidat teollisuusrobotin ympärillä. (OEM Automatic [www-sivut](http://www.sivut) 2015)

## 7.2 Valokytkin

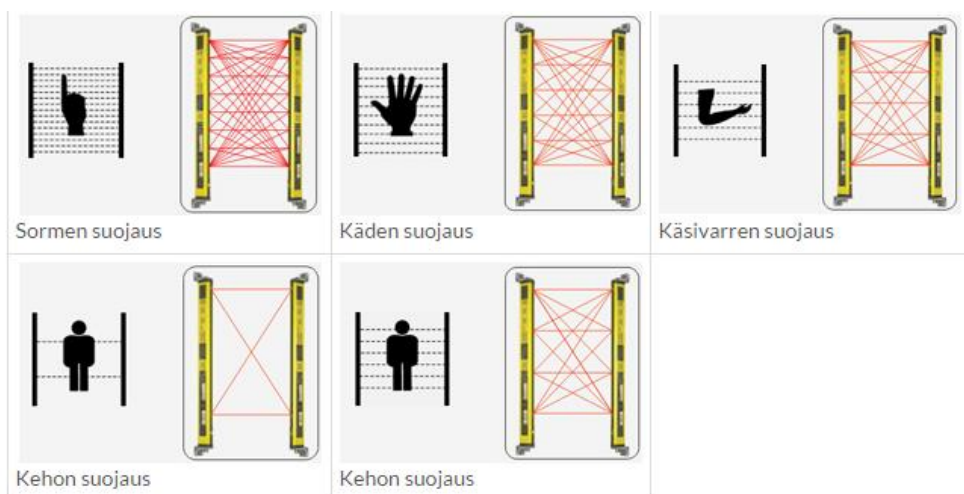
Timo Malmin (2008) mukaan valokytkinten toiminta perustuu valonsäteiden käyttöön, jolloin lähtin lähettää vastaanottimen havainnoitavaksi. Valonlähteenä käytetään yleisimmin LED:jä ja se on tavallisimmin pulssitettua tai moduloitua, jolloin laitteen häiriönsietokyky on korkeampi. Valokytkimiä käytetään esimerkiksi vaarallisille alueille johtavien aukkojen tai portaiden valvonnassa, jolloin niillä voidaan korvata perinteiset, mekaaniset portit. Valokytkimet eivät sovellu jatkuvaan valvontaan, vaan ohjauskäskyn jälkeen ja koneen lopetettu toimintansa tilanne on kuitattava manuaalisesti. (Malm 2008, 18-19.)



Kuva 7.2 Valokytkin (SKS Grupin www-sivut 2015)

### 7.3 Valoverho

Valoverholla voidaan estää esimerkiksi käsien ja jalkojen tai sormien pääsy koneen turva-alueelle, koska valonsäteitä on useita ja etäisyys toisistaan niiden välillä on lyhyt. Valoverhon voidaan sanoa olevan usean valokytkimen yhdistelmä, jossa lähettäjiä ja vastaanottimia on useita vierekkäin. Valoverholla voidaan suojata suuriakin aukkoja, sillä lähettimien ja vastaanottimien välinen etäisyys voi olla jopa 50 metriä. (Malm 2008, 19-20.)

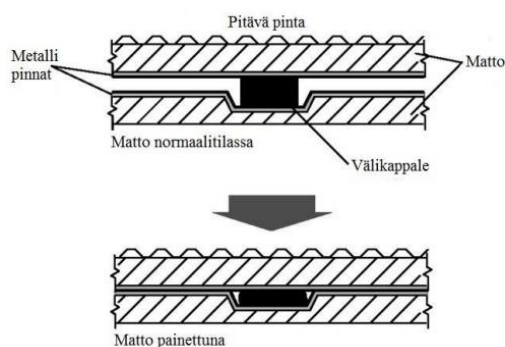


Kuva 7.3 Erilaisia valoverhoratkaisuja (Sarlinin www-sivut 2015)

## 7.4 Tuntomatot

Tuntomaton avulla havaitaan henkilön saapuminen robotin turva-alueelle ja se sijoitetaan tavallisesti joko vaara-alueen sisäänkäyntiin tai valvomaan koko vaara-alue. Tuntomaton on ulottuttava riittävän kauas vaaran kohteesta. Turvaetäisyyteen vaikuttavat koneen pysähtymisaika ja ihmisen liikenopeus sekä ulottuma. (Malm, Kivipuro & Tiisanen 1998, 25.)

Tuntomattojen toiminta perustuu paineilmaan, valokuidun tai sähkömekaanisten ratkaisujen käyttöön. Paineilmaan perustuvissa matoissa sisällä olevissa putkistoissa on suljettu ilmakierto, jota ohjaa pieni pumppu. Putkiston paineen muutosta mitataan putkiston alussa ja lopussa olevilla mittareilla, joka saa aikaan pysähtymiskäskyn. Valoon perustuvat tuntomatot käyttävät hyväkseen valokuitua siten, että maton sisällä olevaan pehmusteeseen on laitettu pitkä valokuitukaapeli. Kosketus mattoon taivuttaa kuitua, mikä antaa anturille käskyn lähettää signaalin ohjausyksikköön. Yleisimmin käytössä on sähköisen piirin sulkeutumiseen perustuva tuntomatto. Maton sisällä on kaksi metallilevyä, jotka normaalitilassa on eristetty toisistaan. Kun maton päälle astutaan, joustavat eriste-elementit painuvat kasaan ja aiheuttavat piirin sulkeutumisen. (Malm 2008, 20-21.)



Kuva 7.4 Turvamaton rakenne (Rockwell Automationin [www-sivut](http://www.rockwellautomation.com) 2015)



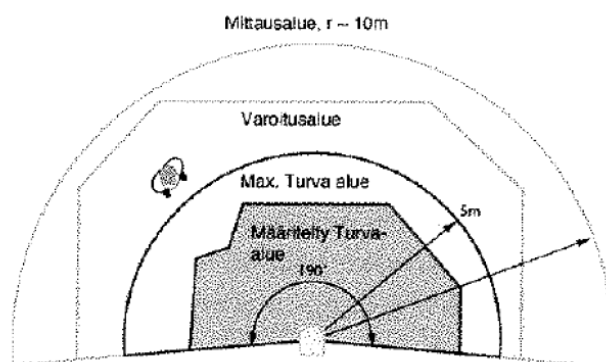
## 7.5 Turvalaserskanneri

Laserskanneria voidaan käyttää esimerkiksi ihmisen havaitsemiseen ja kohteen sijainnin määrittämiseen. Skannerin valvonta-alue on kaksiulotteinen ja se soveltuu käytettäväksi valoverhon sijaan ja sillä on mahdollista valvoa jopa rinnakkaisia sisäänkäyntejä samanaikaisesti. Laserskannerin toiminta perustuu lähetetyn valonsäteen palauttamiseen kohteesta siitä heijastuttuaan. Säteellä pyyhkäistään valvottavaa aluetta, ja mikäli säde heijastuu takaisin, se antaa ohjauskäskyn. Vaarallisen alueen valvomiseen voidaan käyttää useita turvalaserskannereita samanaikaisesti. (Malm 2008, 23-24.)



Kuva 7.5 Esimerkkejä turvalaserskannerin käytöstä (Omronin www-sivut 2015)

Valoskannerin toimintasäde on yleensä 4-7 metriä, mutta voi olla jopa 10 metriä. Varoitusalueen pituus voi olla huomattavasti tätä pidempi, mutta tähän vaikuttaa voimakkaasti valvottavan kohteen valonheijastusherkkyys. Valonsäteen sektorin kulma on tavallisesti noin 180 °. (Malm 2008, 24.)



Kuva 7.6 Valoskannerin valvonta-alue (Malm 2008, 24)

## 7.6 Merkkivalot ja varoituskyltit

Merkkivaloja käytettäessä voidaan ilmaista kulloisellakin hetkellä vallitseva tilanne robotin toiminta-alueella. Vaaran luonteesta riippuen, siitä voidaan varoittaa myös kyltein robotin toiminta-alueen välittömässä läheisyydessä. Varoituskyltit ovat yleensä keltapohjaisia ja kuvitus tai teksti on mustalla. (Tuunanen 2014, 13-14.)



Kuva 7.7 Merkkivalotorni (SKS:n www-sivut 2015)

	Äärimmäinen vaara, alueella liikkuminen kielletty
	Varoitus, alueella noudatettava varovaisuutta
	Ei vaaraa
	Portti auki

Kuva 7.8 Esimerkkejä merkkivalojen merkityksestä (SKS:n www-sivut 2015)



Kuva 7.9 Esimerkki varoituskyltistä (Tarrat24.fi www-sivut 2015)

## 8 LOPUKSI

Tämän projektin alkulähtökohta oli liittää konenäkökamera Sataedun Ulvilan toimipisteen robottiin ja laatia siihen sopivia opetusharjoituksia. Heti lähtövaiheessa projekti muuttui huomattavasti uuden robottihankinnan myötä. Projektin alkuvaihe meni tarvittavien laitteiden ja komponenttien hankinnassa ja kilpailuttamisessa. Tässä vaiheessa tuli selväksi projektin nimenmuutos. Projekti muuttui käytännössä uusien komponenttien hankintaprojektiksi. Tässä vaiheessa tärkeimmäksi asiaksi muodostui nykypäivän turvallisuuden täyttävä oppimisympäristö. Tämä osoittautuikin projektin haasteellisimmaksi osa.

Lainsäädännöt ja turvallisuus standardit muuttuvat jatkuvasti tiukemmiksi. Kirjoittaessani tätä ehti moni asia jo muuttua. Opetussuunnitelmat muuttuivat, eivät kuitenkaan tämän työn osilta, samat asiat vain saivat uusia nimityksiä ja aikatermejä. Projektin tärkeimmät osat, uusien laitteiden hankinta opetusympäristöön ja siihen liittyvät turvalaitteet ohjeineen tuli tässä työssä tehtyä. Projektissa laadittiin oppimisympäristön riskianalyysi, jota ei aiemmin ollut laadittu.

Oppimisympäristön kehitys jatkuu laitteiden kytkennöillä, jonka jälkeen aletaan laatia sopivia harjoitustehtäviä opetusympäristöön. Uuteen robottiin tullaan myös asen-

tamaan jo olemassa oleva nykyaikainen konenäkö kamera välittömästi turvalaitteiden asennuksien jälkeen. Solussa olevalla uudella robotilla on tosin jo suoritettu ensimmäisiä ohjelmointiharjoituksia tuloksellisesti.

Oppimisympäristöön hankittiin myös uuden robotin etäohjelmointiohjelmisto. Ohjelmisto voidaan asentaa oppilaitoksen tietokoneisiin, jolloin robotin ohjelmistoa voidaan ”turvallisesti” harjoitella ilman pelkoa törmäyksistä. Ohjelmiston avulla voidaan myös simuloida juuri tämän robottityypin liikkeitä ja rakentaa sinne autenttinen kuvas ympäristöstä. Liitteenä oleva turvallisuus ja Motoman robotin peruskäyttöohje on osana tämän projektin suunnitelmaa (Liite 3).

Projekti täytti erittäin hyvin sille laaditut odotukset. Sen tiimoilta saatiin hankittua nykyaikainen teollisuusrobotti sekä uusinta teknologiaa olevia turvavarusteita. Projektissa syntynyttä oppimisympäristöä voidaan käyttää myös esimerkiksi yhteistyössä muiden alueen oppilaitosten välillä; esimerkiksi Satakunnan ammattikorkeakoulun opiskelijat voivat tulla tutustumaan robotiikkaan ja automaatioon laajemmin. Tavoite on saada tämä oppiympäristö olemaan vuonna 2016 nykyaikainen sekä turvallisuuden että tekniikan osalta.

Me Sataedussa pyrimme olemaan alueen työelämän kanssa yhteistyössä ja vastaamaan alueen tarpeisiin työvoiman osaamisen suhteen. Tämän projektin tuloksena syntynyt oppimisympäristö tulee palvelemaan alueen yrityselämään sekä nostamaan oppilaitoksemme kone- ja metallialan kiinnostavuutta opiskelijoiden keskuudessa.



Kuva 8.1 Keskenäinen oppimisympäristö syksyllä 2015

## Lähteet

Asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Viitattu 14.6.2015. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)

Laki ammatillisesta peruskoulutuksesta. 21.8.1998/630. Viitattu 13.3.2015.  
<http://www.finlex.fi>

Malm, T. (toim.) 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry.

Malm, T., Kivipuro, M. & Tiisanen, R. 1998. Laajojen koneautomaatiojärjestelmien turvallisuus. Espoo: VTT.

Motoman. 2011. Turvallisuuskäsikirja. Motoman Robotics Finland Oy

Motomanin www-sivut 2015. Viitattu 6.9.2015. [www.motoman.fi](http://www.motoman.fi)

OEM Automaticin www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015. [www.oem.fi](http://www.oem.fi)

OSHA. OSHA technical manual (OTM) section IV: chapter 4. 2015. Industrial robots and robot system safety. Luettu 2.9.2015.  
[https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_4.html](https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_4.html).

Omronin www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015. <https://industrial.omron.co.uk>

Ruohola, R. 2011. Robottisolun turva-aluesuunnittelu. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Luettu 2.9.2015. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011120517249>

Robotworx. 2015. What is a robot cell. Luettu 2.9.2015.  
<http://www.robots.com/faq/show/what-is-a-robot-cell>.

Rockwell Automation www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015.  
<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/3377539/5866177/3378076/7131359/print.html>

Sarlinin www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015. [www.sarlin.com](http://www.sarlin.com)

Sataedun opetussuunnitelma. 2011. Automaatio- ja kunnossapitotekniikka. Satakunnan koulutuskuntayhtymän opetussuunnitelmatoimikunta 16.12.2011.

Sataedun www-sivut. 2015. Viitattu 14.6.2015. [www.sataedu.fi](http://www.sataedu.fi)

SFS-käsikirja 93-10. 2011. Koneiden turvallisuus. Osa 10: Turvaetäisyydet ja toimintatilan mitoitus. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Siirilä, T. & Pahkala J. 1999. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Keuruu: Fimtekno.

Siirilä, T. & Kerttula, T. 2007. Koneturvallisuuden perusteet. Keuruu: Inspecta.

Siirilä, T. 2005. Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvallisuuslaitteet. Keuruu: Inspecta koulutus Oy.

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus - EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Keuruu: Inspecta.

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus – EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Keuruu: Inspecta.

SKS Groupin www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015. [www.sks.fi](http://www.sks.fi)

Taloussanomien www-sivut. 2015. Viitattu 3.9.2015. [www.taloussanomien.fi](http://www.taloussanomien.fi)

Tampereen teknillisen yliopiston www-sivut. 2015. Viitattu 14.6.2015. [www.tut.fi](http://www.tut.fi)

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto. 2006. TOT-raportti 18/06. Viitattu 3.9.2015.

file:///C:/Users/terkal/Downloads/TOT%202006-18%20(5).pdf

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto. 2009. YTOT-raportti 7/09. Viitattu 3.9.2015.

file:///C:/Users/terkal/Downloads/YTOT%207-09%20(7).pdf

Tarrat24.fi www-sivut. 2015. Viitattu 2.9.2015. www.tarrat24.fi

TTK:n www-sivut. 2015. Viitattu 13.3.2015. [www.ttk.fi](http://www.ttk.fi)

Tuunanen, T. 2014. Teollisuusrobotin käyttöönotto ja ohjelmointi. Opinnäytetyö.

Mikkelin ammattikorkeakoulu. Luettu 2.9.2015.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75698/Tuunanen\\_Tommi.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75698/Tuunanen_Tommi.pdf?sequence=1)

Työturvallisuuslaki 738/2002. Viitattu 14.6.2015. www.finlex.fi

Työterveyslaki 1383/2001. Viitattu 14.6.2015. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)



**Tarjouspyyntö 4.12.2014**

**Sataedun Ulvilan toimipiste pyytää tarjoustä seuraavanlaisesta käsivarsirobotti paketista.**

**Robotin spesifikaatio:**

- Suomenkielinen käyttöliittymä
- Kappaleen käsittelykyky 10-20kg
- käsivarren ulottuma 1000–1500 mm
- koulutus väh.2 päivää sisältyy hintaan
- 6 akselia
- kaksi tarrainta, toinen imukupilla ja toinen pihittarain vaihtoautomatiikalla
- toimitusaika vuoden 2014 loppuun (myös laskutus)
- takuu vähintään 12 kk.
- robotin huolto- ja käyttöohjeet suomenkielisinä
- Maksimi hinta xxxxxx€

Robotti toimitettuna vapaasti tilaajaan pihassa (Sataedu Ulvilan yksikkö)

SATAEDU

Tero Kallioniemi

Suoratie

KOKEMÄKI

Viitaten puhelinkeskusteluun tarjoamme Teille MOTOMAN robottia seuraavasti koulutus-käyttöön:

MOTOMAN MH6-10 robotti

Laitteisto

Pos. 1 MOTOMAN MH6-10 TEOLLISUUSROBOTTI

. 6 akselia

. käsittelykyky 10 kg

. ulottuvuus 1422 mm

. toistotarkkuus. 0,08 mm

DX100 robottiohjain:

. suomenkielinen käyttöliittymä, Windows CE

. kappaleenkäsittelysovellus ohjelmisto

. kehittynyt robottiliiketoiminto ARM (Advanced Robot Motion Control)

. integroitu törmäystunnistustoiminto, tunnistustaso säädettävissä ohjelmallisesti

. informaatiokäytössä I/O-diagnostiikka, hälytysviestit ja -kirjanpito,

käyttöaikalaskurit (mm. ohjaus-, servovirta-, ajo-, liike- ja työaika)

. laajennettu PLC-yksikkö oheislaitteiden hallintaan (esim. kuljettimet)

. moniajo-toiminto usean tehtävän samanaikaiseen suorittamiseen

. keskeytystyö-toiminto töiden priorisointiin

. lisäohjelmistoina mm. lavausmakroja, kappaleen nopea hakuohjelma

tunnistussignaalin perusteella (anturi, alipainetunnistin tms.)

. ohjelmakapasiteetti 200 000 pistettä, 10 000 käskyä, 15 000 logiikkakäskyä

. PC-korttipaikka, USB, RS-232C sarjaliikenneportti ja Ethernet-liityntä

tiedonsiirtoon ja varmuuskopiointiin

. Kannettava ohjelmointipaneeli graafisella 5,7" väri LCD-näytöllä, 8m kaapelilla

. robotin ja ohjaimen välinen kaapeli 6m

Pos. 2 ROBOTIN JALKA H=400

Pos. 3 TARRAIMEN OHJAUSYKSIKKÖ

Laitekotelo kiinnitettynä robotin yläkäsivarren sivulle sisältäen:

. toimilaitteiden paineilmaventtiilit

Pos. 4 TYÖKALUNVAIHTOJÄRJESTELMÄ

. Mahdollistaa robotin automaattisen työkalunvaihdon

. työkalunvaihtolaippa IPR TK-40-R robottiin, paineilmalukitteinen

Pos. 5 TARRAIN 1

Alipainetarrain:

. pieni imukuppitarain

. työkalunvaihtolaippa IPR TK-40-T

Pos. 6 TARRAIN 2

. pieni pihtitarain

. työkalunvaihtolaippa IPR TK-40-T

Pos. 7 KOULUTUS 1+1 PÄIVÄÄ TURUSSA

. peruskoulutusosa 1+1 päivää 1-5 hengelle toimittajan tiloissa Turussa, yksi päivä

ennen ja toinen jälkeen toimituksen

. Robottikoulutus sisältää koulutusmateriaalin jokaiselle koulutettavalle sekä

lounaan, kun koulutus tapahtuu toimittajan tiloissa.

Liityntätiedot Paineilmaliitäntä: R1/2, 6 - 8 bar, kuiva ja puhdas,

Sähköliitäntä: 230/400 VAC, 50Hz, 3 x 25 A

Liitäntäteho: 1,5 kVA

Dokumentit 2 settiä ja USB-muisti robotin ohjelmointi-, huolto- ja käyttöohjeet suomenkielellisinä.

Muu laitteistodokumentaatio suomen- ja englanninkielisenä.

Hinta Pos. 1-7 MOTOMAN MH6-10 Robotti xxxxxxxxx€

Hinnat ALV 0 %.

Toimitusaika Toimitus tehtaaltamme vuoden 2014 aikana, jos tilaus viikolla 49.

Toimitusehto CIP Sataedu Ulvila (Incoterms 2000)

Maksuehdot 30 % tilauksesta

70 % toimituksesta, tai sopimuksen mukaan

Takuu 12 kk käyttöönnotosta, kuitenkin enintään 14 kk toimituksesta tehtaaltamme Turusta.

Takuu koskee vikoja suunnittelun, komponenttien ja materiaalin osalta. Kulut usot

eivät sisälly takuuseen. Takuuseen sisältyy takuukorjaukset, mutta ei mahdollisia

matkustuskustannuksia.

Huolto- ja varaosat YASKAWA Finland Oy.

Voimassaoloaika Tarjous voimassa yhden kuukauden päiväyksestä.

Muut ehdot Teknisen Kaupan Liiton Robotiikan ja Järjestelmäkaupan toimitusehtojen mukaan,

RKY 96.

Toimittaja pidättää itselleen omistusoikeuden kaupan kohteeseen, kunnes koko

kauppahinta on maksettu.

Toimittaja ei vastaa mahdollisista tilaajasta tai muista tilaajan vastuulla olevista

laitetoimittajista johtuvista toimituksen viivästymisestä.

Mikäli asennustyö tai käyttöönotto muuttuu, viivästyy tai väliaikaisesti keskeytyy

syistä, joista tilaaja tai hänen muu toimittajansa vastaa, toimittajalle on korvattava

näistä aiheutuvat ylimääräiset kustannukset toimittajan normaalisti käyttämän

palveluhinnaston mukaan. Ylimääräisiä kustannuksia ovat mm. viivästymisestä

aiheutuvat odotusaika, ylimääräinen henkilöstön työ-, matka- ja

majoituskustannukset.

Kunnioittaen

YASKAWA FINLAND OY

# TYÖTURVALLISUUSOHJEET – AUTOMAATIOSOLU ja MOTOMAN ROBOTIN KÄYNNISTYSOHJE

## SISÄLLYSLUETTELO

### 1 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TURVALAITTEET

- 1.1. Turva-aita
- 1.2. Turvarajakytkin
- 1.3. Tuntomatto
- 1.4. Häätä seis –painikkeet
- 1.5. Sallintakytkin eli ”kuolleenmiehen” kytkin
- 1.6. Törmäystunnistin
- 1.7. Päävirtakytkin
- 1.8. Turva-avain
- 1.9 Turvamerkit

### 2 Majakka

### 3 TURVANOPEUS

### 4 YLEISTÄ

#### 4.1 Henkilöturvallisuus

### 5 TYÖVAATETUS

### 6 KÄYTTÖ JA OHJELMOINTI

### 7 TURVALLISUUSOHJEITA AUTOMAATIOSOLUSSA TYÖSKENNELTÄESSÄ

- 7.1 Työalueen järjestys
- 7.2 Työn aloittaminen

### 8 MOTOMAN ROBOTIN KÄYTTÖOHJE

### 9 ROBOTIN PYSÄYTYS PLAY –ASENNOSSA

### 10 TYÖSKENTELYN LOPETTAMINEN

### 11 TYÖTURVALLISUUS HUOLLON AIKANA

## 1 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN TURVALAITTEET

**Älä milloinkaan ohita mitään järjestelmän turvalaitteita.**

### 1.1 Turva-aita

Turva-aita ympäröi koko automaattiosolua. Turva-aidassa on 90 mm × 25 mm, suuruiset aukot. Aidan korkeus on noin 200 cm ja alaosassa 13 cm rako.

Aidassa on yksi kulkuportti joka on varustettu magneettikytkimellä.

### 1.2 Turvarajakytkin

Turvarajakytkin Mechan Magnasafe on asennettu oppilaitoksen automaatiojärjestelmässä työskentelyalueelle johtavan portin avautuvan puolen yläkulmaan. Laitteiden syöttövirta katkeaa kun ovi aukaistaan ja automaattinen käyttö on päällä. Näin estetään, ettei yksikään henkilö pääse automaattiosolun vaara-alueelle automaattikäytön aikana. Robotteja ja kuljettimia voidaan ajaa vain opetustilassa portin ollessa auki.

### 1.3 Grein turvamatot

Automaattiosolun Grein turvamattojen pintamateriaali on PVC:tä ja reunat alumiinia. Solussa on kaikkiaan kuusi erikokosta mattoa. Turvamatot on kytketty kolmen maton sarjaan. Mattoja voidaan kytkeä maksimissaan 10 m<sup>2</sup> alueella sarjaan. Mattojen turvaluokka on valvontayksikön kanssa 3. Mattojen päälle astuminen katkaisee automaattiajossa syöttövirran ja pysäyttää laitteet.

### 1.4 Hätä seis -painikkeet

**Hätäpysäytintä tarvitaan laitteiden nopeaan pysäyttämiseen vaaratilanteessa**

Hätä seis -painikkeet ovat punakantaisia, sienikantaisia, pyöreitä painikkeita. Esimerkiksi robottien ohjelmointiyksiköissä ne sijaitsevat yläaidassa. Hätäpysäytys tapahtuu painamalla painike pohjaan. Hätäpysäytyksessä laitteiden syöttövirta katkeaa ja laitteet pysähtyvät. Painaa mitä tahansa hätäpysäytys - painiketta, niin kaikki laitteet pysähtyvät ja ”majakka” ilmaisee häiriötilanteen punaisella värillä. Koulun automaatiojärjestelmässä on kolme eri l-

listä hätä seis–painiketta, molempien robottien ohjelmointiyksiköissä ja robotin työskentelyalueen johtavan portin vieressä.

Hätäpysäytyksen vapautetaan kiertämällä hätäpysäytyspainiketta, jolloin painikkeen lukitus vapautuu.

### 1.5 Sallintakytkin

Oppilaitoksen roboteissa on käytössä kolmiasentoinen sallintakytkin, kutsutaan myös kuolleen miehen kahvaksi, jonka tehtävänä on tunnistaa käyttäjän olemassaolo. Sallintakytkin sijaitsee molemmissa solun roboteissa ohjelmointiyksikön pohjassa.

Jotta robotti toimisi ohjelmointitilassa, on käyttäjän puristettava sallintakytkin- kahvasta jatkuvasti tietyllä voimalla (kahva keskiasennossa). Kahvalla on kolme eri asentoa: vapautettuna, kevyesti puristettu, lujasti puristettu. Kun kahvaa puristetaan kevyesti, robotti toimii. Jos taas kahva vapautuu, robotti pysähtyy. Tämä siitä syystä, jos robotti törmäisi käyttäjään, niin käyttäjältä irtoaisi ote sallintalaitteesta ja robotti pysähtyisi saman tien. Kolmas vaihtoehto, jossa robotti pysähtyy kahvaa puristettaessa lujaa, on esim. tilanteeseen, jossa käyttäjä jostain syystä saisi sähköiskun ja kouristuksenomaisesti puristaisi kuolleen miehen kahvaa, tällöin robotti pysähtyisi.

### 1.6 Törmäystunnistin

Solun molemmat robotit on varustettu törmäystunnistimella. Törmäystunnistin on asennettu robottien käsivarren esim. vaihteistojen suojelemiseksi, mutta toimii myös käyttäjää huomioiden turvallisuuslaitteena. Esim. jos robotti törmää ohjelmoinnin aikana käyttäjään, tällöin törmäystunnistin pysäyttää robotin. Törmäystunnistimen herkkyyttä voidaan säätää, mutta käytännössä, jotta robotti voi suorittaa tehtäviään ei sitä voida säätää liian herkäksi. Siksi törmäystilanteessa voi tapaturma sattua.

### 1.7 Päävirtakytkin

Robottien päävirtakytkimet sijaitsevat ohjausyksiköiden etuseinässä.

### 1.8 Turva-avain

Järjestelmässä on turva-avain, jolla voidaan kytkeä robotti toimimaan ainoastaan TEACH-tilassa, tällöin vahingossa tapahtuva automaattiajon käynnistys on mahdotonta.

### 1.9 Merkkivalotorni ”majakka”

Solu on varustettu toiminnan kertovalla merkkivalotornilla.

Merkkivalot kuvaavat seuraavia tilanteita:

VÄRI	MERKITYS
PUNAINEN	HÄIRIÖTILANNE SOLUSSA (esim. robotin törmäystilanne)
KELTAINEN	KÄSINOHJELMOINTITILANNE ROBOTILLA Solussa noudatettava erityistä varovaisuutta
VIHREÄ	AUTOMAATTINEN TOIMINTA
SININEN	ETÄOHJELMOINTI / ULKONEN TIETOKONEYHTEYS ROBOTTIIN

## 2 TURVAMERKIT

Turvamerkkien tarkoituksena varoittaa käyttäjiä mahdollisista vaaroista ja suojautua niitä vastaan. Varoituksia on ehdottomasti noudatettava. Oppilaitoksen automaatiojärjestelmässä on seuraavia varoituksia:

- ”Automaattinen kone” sijaitsee suoja-aidassa molemmilla sivuilla
- ”Puristumisvaara” sijainti turva-aidassa ja kuljettimien läheisyydessä.
- ”Järjestelmän käyttö sallittu vain koulutuksen saaneille” sijaitsevat turva-aidassa ja Motoman robotin ohjauskaapissa.
- ”Tarpeeton oleskelu koneen työalueella kielletty” Sijainti suoja-aidan molemmilla sivuilla.
- ”Hätä Seis” sijainti painikkeiden yläpuolella.

## 3 TURVANOPEUS

Robotin suurimmaksi lineaariliikenopeudeksi ilmoitetaan 1600 mm/s. Tämä nopeus on kuitenkin ohjelmoinnissa liian suuri nopeus, käyttäjä ei voi reagoida noin suurissa nopeuksissa nopeasti esim. törmäystilanteessa.



Oppilaitoksen Motoman MH6-10:n turvanopeus on TEACH tilassa säädettävissä ohjauspaneelin FAST ja SLOW painikkeilla. Ohjelmaa tehtäessä liikenopeudet valitaan seuraavasti:

MOVJ= väliliike siirtymisiin (pikaliike), robotti liikkuu lyhyintä reittiä pisteiden välillä.  
NOPEUDEN YKSIKKÖ prosentteina maksimista liikenopeudesta!!

esim. MOVJ VJ=30 (liikenopeus on tällöin 30 prosenttia maksimiliikenopeudesta)

MOVL= lineaarinen liike robotti liikkuu pisteeseen suoraviivaisin liikkein. Nopeus asetetaan yksikössä mm/s. esim. MOVL= V10

MOVC = ympyräliike robotti liikkuu annettujen kaaripisteiden välillä, vähintään kolme pistettä. Nopeus asetetaan yksikössä mm/s. MOVL= V15

MOVS= Käyräliike. Robotti liikkuu ensimmäiseen pisteeseen suoraviivaisesti. Nopeus asetetaan yksikössä mm/s. MOVL= V15

Robotti liike ei ylitä 250 mm/sek ohjelmoitaessa., koska ohjelmointiyksikkö on TEACH käytössä.

#### 4 YLEISTÄ

Turvallisuuden varmistamiseksi on robottijärjestelmän käyttäjien on osattava robotin työturvallisuusohjeet ennen valvomattoman työskentelyn aloittamista. Järjestelmän huollosta, ohjelmoinnista ja korjauksista vastaavien henkilöiden on ymmärrettävä asiaa käsittelevät ohjeet ennen työn aloittamista. Käyttäjän on ymmärrettävä järjestelmän yksittäiset osat ja koko kokonaisuus. Käyttäjien on myös luettava ja ymmärrettävä järjestelmän käyttöohjeet ja työturvallisuutta koskevat määräykset (tärkeimmät: työturvallisuuslaki 28.06.58 muutoksineen ja valtioneuvoston päätös 1314 / 1994). Jokaisen henkilön on saatava riittävä koulutus siihen tehtävään, jota hän suorittaa. Käyttäjän tietämys on myös testattava mahdollisin kokein.

##### 4.1 Henkilöturvallisuus

- On hyvä pitää mielessä kun työskentelee robottijärjestelmässä kolme tärkeää lausetta: Turvallisuus koskee kaikkia, turvallisuus ennen kaikkea ja vaarantuuko toimistani joku muu.
- Käyttäjien pitää välttää robottien yllättäviä liikkeitä, jotka saattavat haitata tai vaarantaa muita samassa tilassa työskenteleviä. Ohjelmoitaessa robottia, olisi hyvä jos vain ohjelmoitsija/t on robottia ympäröivän alueen sisäpuolella.
- Robotin liikuttaminen ulkoista voimaa käyttäen on ehdottomasti kielletty. Saatat muutoin vahingoittaa itseäsi tai robotti saattaa vaurioitua.

- Älä kiinnitä robottiin sen käyttörajoitusta ylittäviä kuormia (varmista maksimikuormat ellet ole varma). Kiellon rikkomisesta saattaa aiheutua tuhoisia seurauksia sekä käyttäjälle, että järjestelmälle.
- Ilman riittävää koulutusta ei saa koskea robotin ohjelmointipaneeliin.
- Ota huomioon ja noudata solussa olevia varoituksia, kieltoja ja ohjeita. Kiellot ja varoitukset eivät ole turhaan.
- Jokainen on oikeutettu valvomaan kieltojen noudattamista. Älä epäröi, varoita muita tarvittaessa.

## 5 TYÖVAATTEET

Oikean vaatetuksen ja varusteiden käyttö on työturvallisuuden kannalta tärkeää. Älä käytä robotin työskentelyalueella liian löysiä työasuja tai roikkuvia koruja. Työsalivarustus on turvallisin asu robotilla työskennellessä.

## 6 KÄYTTÖ JA OHJELMOINTI

Ohjelmointi ja työn vaihdot ovat vain sallittuja niille, joille on annettu siihen tarvittava koulutus. Tutustu ohjekirjaan ennen ohjelmoinnin aloittamista. Varmistu ennen käytön aloittamista, että kaikki turvalaitteet, kuten suoja-aidat ovat kunnossa ja portti on kiinni.

## 7 TURVALLISUUSOHJEITA AUTOMAATIOSOLUSSA TYÖSKENNELTÄESSÄ

### 7.1 TYÖALUEEN JÄRJESTYS

Ylimääräinen tavara työskentelyalueella on aina turvallisuusriski, siksi onkin suotavaa, että pidät työskentelyalueen järjestyksessä ja puhtaana. Lattialla olevat tavarat ja jäteaineet saattavat aiheuttaa käyttäjän horjahtamisen ja kaatumisen. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää kulkuväylien puhtauteen. Työkalut varastoidaan turvalaitteiden valvoman alueen ulkopuolelle, sillä ylimääräiset tavarat saattavat aiheuttaa vaaratilanteita. Työkalujen kunto on myös syytä tarkistaa määräajoin, sillä rikkiinäisten työkalujen käyttö saattaa vahingoittaa itse korjattavaa kohdetta. Suoja-aidat on myös syytä pitää puhtaana, jotta näköetäisyys työskentelyalueelle olisi hyvä. Älä ripusta suoja-aitoihin mitään ylimääräistä. Käsittele kulkuväylien portteja ja antureita huolellisesti. Vioittunut turvalaite saattaa aiheuttaa vakavan tapaturman.

Ilmoita turvallisuuspuutteita havaitessasi asiasta järjestelmän vastuussa olevalle henkilölle. Mainittavia asioita ovat mm. epäkunnossa oleva laite ja puuttuva varoituskyltti.

## 7.2 Työn aloittaminen

Ohjelmointi ja työn vaihdot ovat vain sallittuja niille, joille on annettu siihen tarvittava koulutus. Tutustu ohjekirjaan ennen ohjelmoinnin aloittamista. Varmistu ennen käytön aloittamista, että kaikki turvalaitteet ovat asianmukaisesti ja esim. portti on kiinni.

## 8 MOTOMAN ROBOTIN KÄYTTÖOHJE

1. Suljetaan portti
2. Kytetään päävirta robotin ohjauskaapista.
3. Avataan paineilman syöttö robotille.
4. Painetaan ”kuolleen” miehen kytkin keskiasentoon.
5. Kytetään servoihin virta ohjauspaneelistä
6. Valitaan haluttu koordinaatisto (neljä eri vaihtoehtoa, nivel-, suorakulmainen-, työkalu- ja käyttäjän koordinaatisto)
7. Valitaan päävalikosta TYÖ (annetaan työnimi max 32 merkkiä)
8. Annetaan ohjelmaan kommentit ja valitaan robotin akseliryhmä. Lopuksi painetaan SELECT (nro 8) (valitse). Painetaan ENTER, työikkuna aukeaa.
9. Ohjelmointi, pisteiden tallennus END rivin edelle. Aja robotti ohjaimella haluttuun liikepisteeseen ja ilmoita haluttu liiketyppi (esim. MOVJ, VJ=20). Liike on nivelliike ja VJ tarkoittaa prosentteja maksimiliikenopeudesta. Jne..
10. Robotin käytettävissä olevat liiketyypit:  
  
MOVJ= nivelliike; nopeus annetaan prosentteina maksimiliikenopeudesta  
  
MOVL= suoraliike; nopeus annetaan yksikkönä [mm/s]  
  
MOVC= ympyräliike; nopeus annetaan yksikkönä [mm/s]  
  
MOVS= käyräliike; nopeus annetaan yksikkönä [mm/s]

Vanhan työn ajaminen:

1. Valitse päävalikosta työ ja paina ENTER (varmistu, että ohjelma on kunnossa)
2. Käännä ohjelmointipaneelista avain PLAY (nro 1) asentoon ja paina START (nro 2).

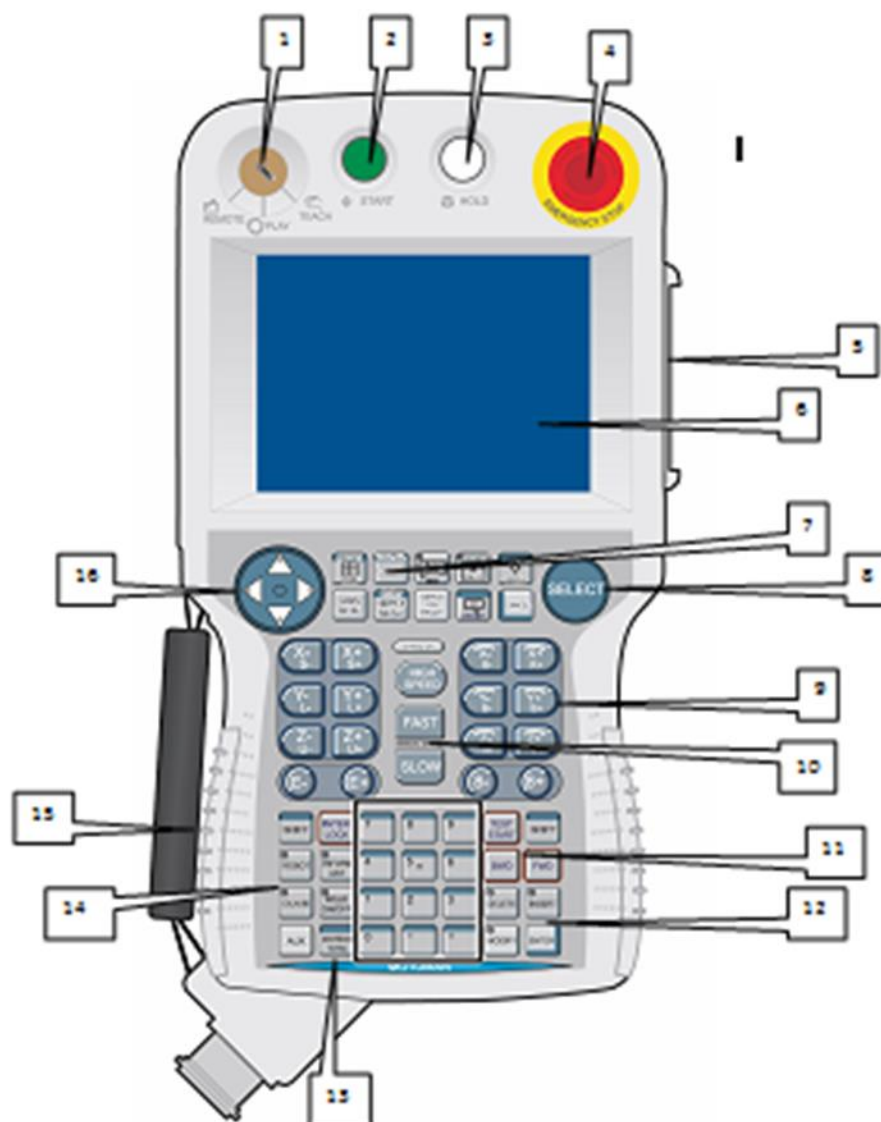
## 9 ROBOTIN PYSÄYTYS PLAY -ASENNOSSA

Robotti pysähtyy automaattisesti seuraavissa tilanteissa:

1. HOLD -painiketta on painettu. HOLD –painike on ohjelmointipaneelissa (nro 3). START –painiketta (nro 2) painettaessa robotti käynnistyy automaattijossa (PLAY) ja jatkaa pistestä johon se on jäänyt ennen pysäytystä.
2. Hätätysäytys, kaikki liikkeet pysähtyvät välittömästi. Painike ohjelmointipaneelissa (nro 4).
3. Toimintatilan muutos. PLAY -toimintatilan vaihtaminen TEACH -toimintatilaan aiheuttaa robotin pysähtymisen. Ohjelman suorittamisen jatkaminen tapahtuu kytkemällä PLAY -tila takaisin päälle, kytkemällä servomoottorien virta päälle ja painamalla START -painiketta.
4. PAUSE -käsky. Robotin suoritus pysähtyy ohjelmassa olevaan pysäytys - käskyyn (PAUSE) ja näytön viestiriville ilmestyy ilmoitus tilasta. Uudelleenkäynnistys tapahtuu START -painikkeesta ja ohjelman suoritus jatkuu PAUSE -käskyn jälkeiseltä riviltä.

## 10 TYÖSKENTELYN LOPETTAMINEN

Lopetettuaasi työskenteleminen paina hätätysäytyspainike (nro 4) pohjaan, jotta servomoottorien virransyöttö katkeaa ja käännä päävirtakytkimestä järjestelmän virta pois. Tämän jälkeen on hyvä varmistua oheislaitteiden virrattomuudesta. Puhdista myös työpaikka seuraavalle käyttäjälle. Muista myös sulkea paineilmansyöttö.



1. Ajotilanvalinta	9. Koordinaatistonäppäimet
2. Automaattiajon käynnistys	10. Käsitäjo nopeuden valinta
3. Automaattiajon pysäytys	11. Käsitäjo näppäimet
4. Haläpysäytys	12. Ohjelman muokkausnäppäimet
5. CF- muistikorttipaikka (takana USB paikka)	13. Linkityypin valinta
6. Kosketusnäyttö	14. Robotin tarvikkeiden akselin valinta
7. Käsitäjo koordinaatiston valinta	15. Selaintäytön opetusajon aikana
8. Valintanäppäin	16. Kursori

Kuva 1. DX100 -robottiohjain

## 11 TYÖTURVALLISUUS HUOLLON AIKANA

Huollon aikana, varmista, että robottienservovirta on pois päältä. Lisäksi on suositeltavaa lukita järjestelmän pääkytkin virrattomaan asentoon (nolla/off) esim. nippusiteen avulla.

LEYOUT

